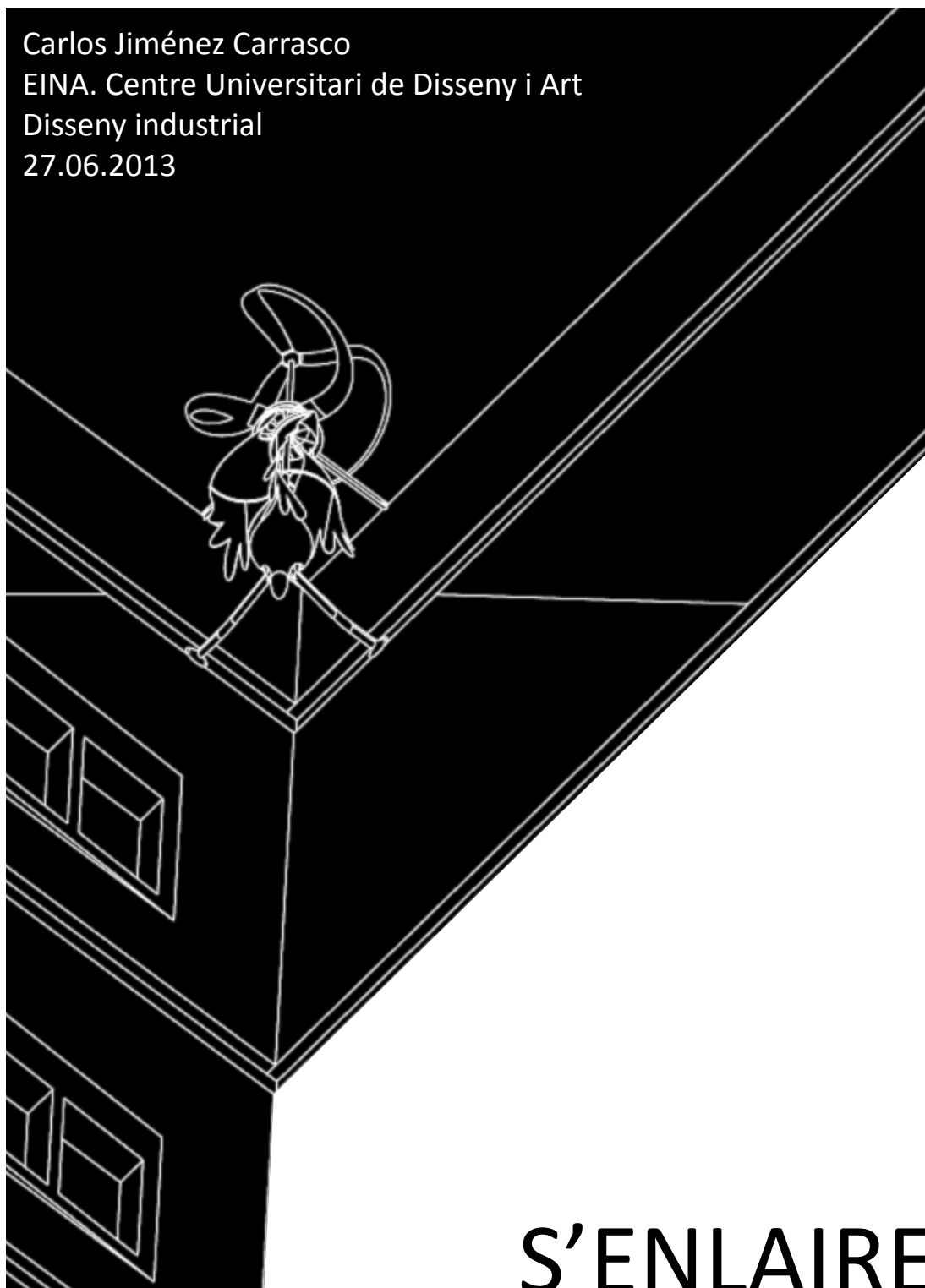


TREBALL FINAL DE GRAU

Carlos Jiménez Carrasco
EINA. Centre Universitari de Disseny i Art
Disseny industrial
27.06.2013



S'ENLAIRE

ABSTRACT

CAT.

Aquest projecte tracta un nou concepte en l'aprofitament de corrents urbans per els aerogeneradors de petita escala. La contextualització del projecte prové de diversos àmbits molt importants per entendre les qualitats de la proposta conceptual.

Des del disseny es planteja una proposta per intentar millorar les deficiències actuals i el nou concepte proposat obre un sub-sector en el disseny de miniaerogeneradors.

Paraules clau: Minieòlica - Aerogeneradors - Miniaerogeneradors - Corrents urbans - Energies Renovables - Sostenibilitat.

CAST.

Este proyecto trata de un nuevo concepto en el aprovechamiento de brisas urbanas en los aerogeneradores de pequeña escala. La contextualización del proyecto proviene de varios ámbitos muy importantes para entender las características de la propuesta conceptual.

Desde el diseño se plantea una propuesta para intentar mejorar las deficiencias actuales y el nuevo concepto propuesto abre un sub-sector en el diseño de miniaerogeneradores.

Palabras clave: Minieólica - Aerogeneradores - Miniaerogeneradores - Brisas urbanas - Energías Renovables - Sostenibilidad.

ENG.

This project is a new concept in urban breezes exploiting small-scale wind turbines. The contextualization of the project comes from several areas important to understand the characteristics of the conceptual proposal.

From the design we present a proposal to try to improve the current deficiencies and proposed the new concept opens a sub-sector in miniaerogenerators design.

Keywords: Small wind - Wind Turbines - Miniaerogeneradors - urban Brisas - Renewable Energy - Sustainability.

ÍNDEX

1. Introducció	7
2. Procés de treball	11
3. Programa d'usos i funcions	15
3.1 Estat de la qüestió	
3.1.1 Problemàtica energètica actual	16
3.1.2 Energia Eòlica: Gran Eòlica i Mini Eòlica	21
3.1.3 L'energia Mini Eòlica com a futur	25
3.2 Anàlisi	
3.2.1 Característiques disseny d'aerogeneradors Mini Eòlica	28
3.2.2 Vents urbans i aerogeneradors	32
3.2.3 Exemples i conceptes de dinàmica de fluids	37
3.2.4 Referents:	41
3.3 Justificació de criteris	50

4. Memòria descriptiva	53
4.1 Idea o visió de disseny	54
4.2 Procés de desenvolupament. Croquis	58
4.3 Viabilitat	62
4.4 Imatges fotorealístiques	64
5. Memòria productiva	69
5.1 Material	70
5.2 Tecnologia	73
5.3 Documentació tècnica. Plànols	78
5.5 Definició components i conjunt	94
5.6 Codificació	110
6. Conclusió	113
6.1 Conclusió Navitas Paradigma	114
6.2 Conclusió	115
Bibliografia	116

1. INTRODUCCIÓ

1. INTRODUCCIÓ

Aquest treball comença amb la motivació de realitzar un disseny per ajudar a millorar l'autonomia energètica de la població.

La font d'energia renovable per emmarcar la cerca va ser el vent. El vent és una font d'energia neta i des de temps immemorials la humanitat transforma l'energia cinètica del vent en energia mecànica per moldre gra, moure vaixells, tallar fusta i extreure aigua.

Des de fa 30 anys, s'ha experimentat un fort desenvolupament tecnològic que ha permès aprofitar eficientment la força del vent per generar electricitat. Mitjançant aparells agrupats en parcs es generen grans quantitats d'electricitat. Aquests parcs estan ubicats en entorns rurals i, fins i tot, marins, i necessiten connexions a xarxes d'alta tensió per transportar l'electricitat generada fins als centres de consum

Per les seves dimensions i característiques tècniques, els grans aerogeneradors eòlics difícilment es poden ubicar en zones urbanitzades, a prop de punts de consum. En aquests entorns, s'han d'instal·lar aparells de dimensions molt més reduïdes que facilitin la seva integració i puguin aprofitar vents més suaus: es tracta dels miniaerogeneradors eòlics.

El miniaerogeneradors són aparells molt petits en comparació amb el aerogeneradors dels parcs eòlics, però també contenen una capacitat de producció reduïda, però que poden ser una contribució adient a la demanda d'energia, facilitant la generació distribuïda.

El projecte tracta de millorar l'eficiència i l'estètica dels miniaerogeneradors actuals. Considerant aquestes com les dos problemàtiques més importants que sofreixen en la seva implantació. Partint d'aquest principi es va investigar i projectar en diversos coneixements, profunditzant en diferents àrees de recerca.

Aquest projecte pretén contribuir des del disseny a l'energia minieòlica, amb el seu estudi i coneixement, per adaptar-la a una tecnologia més eficient i estètica perquè aviat pugui forma part del nostre paisatge urbà i entorn quotidià.

Des del disseny s'ha desenvolupat una proposta conceptual on es resolen les problemàtiques, aportant nous conceptes i combinacions per tal de propagar l'energia del vent; neta i renovable. Per resoldre-ho es va estudiar la dinàmica dels corrents de vent en les ciutats.

Aquest projecte ha tingut un seguiment per l'empresa d'inserció minieòlica en Barcelona, Navitas Paradigma S.L.



2. PROCÉS DE TREBALL

2. PROCÉS DE TREBALL

En primer moment es va plantejar el camp de l'energia i des de la perspectiva del disseny de producte es va enfocar a l'àmbit amb més possibilitats d'inserció, donat els meus coneixements i perquè és una tecnologia en ple desenvolupament, que necessita millores de diferents àmbits; estem parlant de la minieòlica.

Quan més m'endinsava en aquest nou món i anava descobrint totes les seves virtuts, el meu interès anava creixent i la recerca va ser molt extensa, ja que la temàtica escollida era molt motivadora i didàctica des de diferents àmbits.

Sense saber-ne gaire encara, vaig començar setmanalment a realitzar croquis de treball, en els que hi havien conceptes molt divergents. Aquests croquis promovien les primeres idees de disseny.

En paral·lel es va realitzar la recerca en la que he utilitzat diferents eines:

- Consulta de diferents projectes finals de carrera i també de màster, amb la temàtica de minieòlica i d'energies renovables, en l'Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Xerrades amb veïns de Begues (Barcelona) que tenen miniaerogeneradors construïts per ells mateixos de manera artesanal.
- Anàlisis dels estudis següents:
 - Guía sobre tecnología minieólica (Madrid, 2012), de Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid i la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, referent en aquest sector.
 - L'energia minieòlica: l'aprofitament local del vent. Llibre editat pel Col·legi D'enginyers Tècnics Industrials de Barcelona (CETIB) l'any 2012, ha estat realitzat per NavitasParadigma S.L. amb la validació de continguts del Departament d'Enginyeria Mecànica de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Recerca profunda per la xarxa: en blogs de ecologia i sostenibilitat, en articles divulgatius de tecnologia, en webs d'organismes públics, en informació sobre els recursos eòlics, en associacions professionals, en fabricants i distribuïdors de miniaerogeneradors i una infinitat d'informació diversa. Durant tot el procés va ser important mantenir un rigor coherent i amb rellevància de la informació per no caure en falses expectatives tecnològiques i/o conceptuals.

— Per últim, vaig analitzar amb diferents eines, tot tipus de referents naturals en els que la intervenció de l'aire amb la seva geometria esdevenia quelcom interessant, de tal manera que vaig rebre inputs durant tot el procés de disseny de la més avançada hidrodinàmica i aerodinàmica; la natura. És una part de recerca biomimètica amb molta rellevància en que el projecte s'ha vist inspirat.

Quan es va analitzar gran part de la recerca, va ser important determinar els punts clau on podia realitzar la meua proposta i intentar millorar lo existent. Amb aquests objectius determinats vaig començar la nova cerca conceptual d'optimització del disseny.

Es va proposar un brainstorming a la classe de TFG de disseny de producte amb 4 temàtiques, imatges referents projectades i soroll de fons de corrents d'aire. Els resultats van aportar idees ràpides i senzilles en les que després van poder sorgir noves idees complementaries.

Es van realitzar esbossos amb diferents tècniques de creativitat: com ara combinacions de diferents conceptes i àmbits amb analogies de la natura.

Després de tanta investigació i esbossos, vaig fer la primera maqueta per ajudar a resoldre un concepte prematur de recollida de corrents horitzontals.

Un cop validats amb el tutor els conceptes que volia determinar en el meu disseny, vaig començar la última fase d'esbossos, acompanyada per l'iniciació al modelatge del miniaerogenerador.

Aquesta fase de recurs informàtic 3D va ser molt treballada i consensuada donat que donaria la meua estètica final al producte. Fins a l'últim moment no s'ha donat res per fet i la reconstrucció de la peça ha sigut constant, fins arribar al model desitjat.

Un cop es va tenir el model desitjat, es va consultar a l'empresa NavitasParadigma S.L. i es va realitzar una reunió amb un enginyer tècnic especialitzat en minieòlica. NavitasParadigma S.L. són els especialistes Barcelonins de l'energia minieòlica que realitzen una tasca d'estudiar, analitzar i assessorar respecte projectes minieòlics.

A la reunió es va consensuar sobre possibles millores però sobretot, ens va donar una aprovació del concepte proposat sobre la millora de l'eficiència, que d'una manera lògica ho intuïem, però no va ser fins a llavors, on un professional va verificar la viabilitat del concepte i es va definir plenament l'objectiu del projecte.

3. PROGRAMA D'USOS I FUNCIONS

3.1 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

3.1.1 Problemàtica energètica actual

Per mantenir un compromís des del disseny per la sostenibilitat energètica en l'economia, la societat i el medi ambient, cal conèixer l'estat actual i les problemàtiques principals, ja que la contribució del disseny tindrà un paper molt important en el desenvolupament energètic urbà.

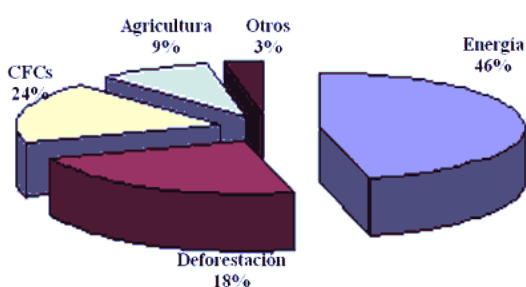
El model energètic actual està basat en gran mesura en la combustió d'hidrocarburs: el 88% de la energia utilitzada per l'home prové de recursos sòlids (com el carbó), líquids (petroli i derivats) y gas natural. Aquests ús dels recursos mundials presenta problemàtiques vitals en el futur:

- Són altament contaminants per l'atmosfera.
- Son escassos (no renovables).
- El tercer problema associat és de tipus geopolític, ja que el petroli es concentra en un 50% en nacions del mig orient, la qual cosa ha donat lloc a crisis petrolieres de 1973, 1980 i la Guerra del Golf en 1991, passa lo mateix en les reserves de carbó on es concentren en més d'un 80% en el Paral·lel 30 Nord.

Gràfic 1

L'actual model energètic contribueix en un 46% a l'escalfament global (efecte hivernacle).

Font: CCEBA Centro Cultural de España en Buenos Aires.



Quadre explicatiu del panorama dels hidrocarburs a nivell mundial (2009):

Font: Taula1 BP statistical review of world energy, juny 2010

RECURS	CONSUM MUNDIAL (%)	RESERVES COMPROBADES (ANYS)
Petroli	37%	45 anys
Carbó	28%	209 anys
Gas	23%	52 anys

A meitat del segle passat es van anar desenvolupant dos alternatives d'energia elèctrica primària en contraposició als recursos energètics d'origen fòssil: la hidroelectricitat a gran escala i la energia nuclear.

La hidroelectricitat a gran escala representa un 4% del consum energètic global (2010), i és renovable encara que limitat per el propi bioclima del planeta. Consideren que la humanitat utilitza una potencia de 15-20 TW actualment ($1\text{TW}=10^{12}\text{W}$).

Si nosaltres fóssim capaços de utilitzar tota la quantitat de km^3 que es precipiten els continents (40000km^3) amb el càlcul de l'energia potencial ens arribaria a proporcionar una potencia teòrica de 10 TW i d'aquests valor només un 15% és aprofitable en les centrals hidroelèctriques.

La segona alternativa elèctrica desenvolupada que no prové d'orígens fòssils és l'energia nuclear, que representa un 6% del consum energètic global, i és un gran perill actual, ja que no tenim tecnologia per el maneig dels residus que genera.

La verdadera alternativa al model energètic actual és el futur en les energies netes i renovables, ja que no sobre exploten matèries en zones de territori i no causen pol·lució per el bioclima del planeta. Aquesta alternativa no representa una alternativa actual perquè cal combinar-les per obtenir una adequada eficiència energètica i alhora cal conscienciar a la població per un estalvi en el consum energètic.

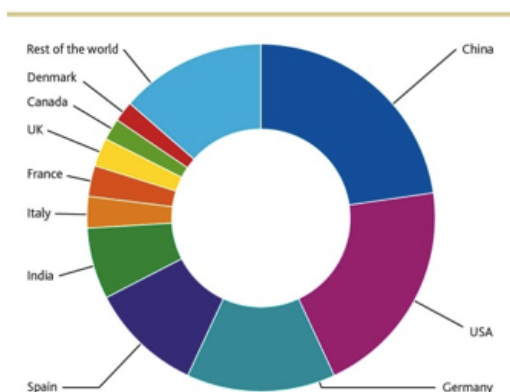
Les energies netes i renovables són per exemple la solar tèrmica, la fotovoltaica, l'eòlica, la microhidràulica, la geotèrmica, la mareomotriu, la tèrmica dels oceans, la de les ones, el biogàs, i altres font amb divers grau de desenvolupament.

L'energia eòlica instal·lada al món va créixer un 22,5% el 2010, fins a situar-se en 197.039 MW, segons dades del Global Wind Energy Council (GWEC). Xina, Estats Units, Alemanya i Espanya són els primers productors mundials. També destaca el creixement anual del mercat eòlic xinès el 2011 que va arribar al 39,4%.

3.1 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

El gràfic 2 ens mostra l'aposta ferma en els països més industrialitzats del món per obtenir cada cop més MW (MegaWatts) d'aquesta indústria renovable. El Brasil com a gran futura potencia global també està apostant per aquesta tecnologia encara que no estigui actualment al top 10 de les capacitats d'acumulació d'energia eòlica.

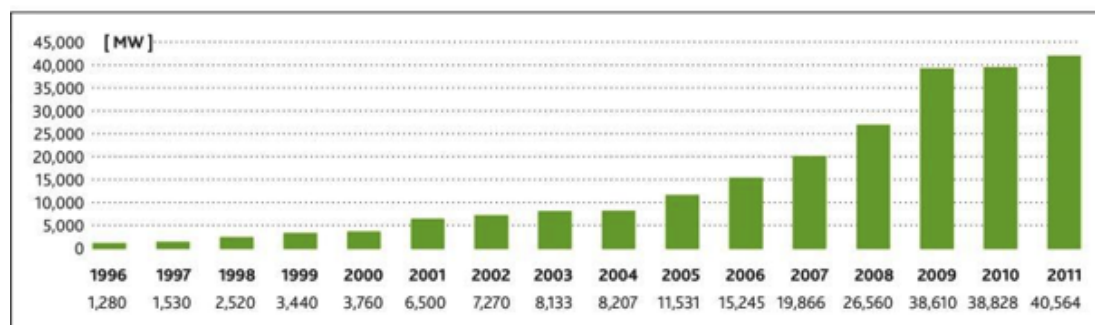
Font: GWEC



Country	MW	%
China	44,733	22.7
USA	40,180	20.4
Germany	27,214	13.8
Spain	20,676	10.5
India	13,065	6.6
Italy	5,797	2.9
France	5,660	2.9
UK	5,204	2.6
Canada	4,009	2.0
Denmark	3,752	1.9
Rest of the world	26,749	13.6
Total TOP 10	170,290	86.4
World Total	197,039	100

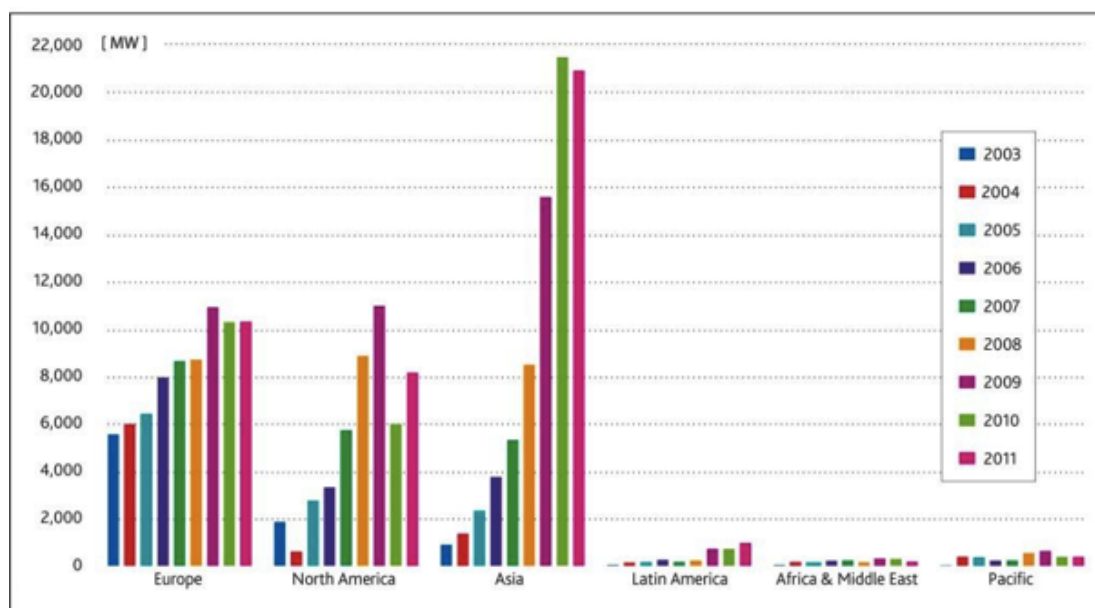
En el gràfic 3 es visualitza el fort creixement de la potència eòlica anual instal·lada al món des de 1996 fins a 2011.

Global Annual Installed Wind Capacity 1996-2011



Source: GWEC

Annual Installed Capacity by Region 1996-2011



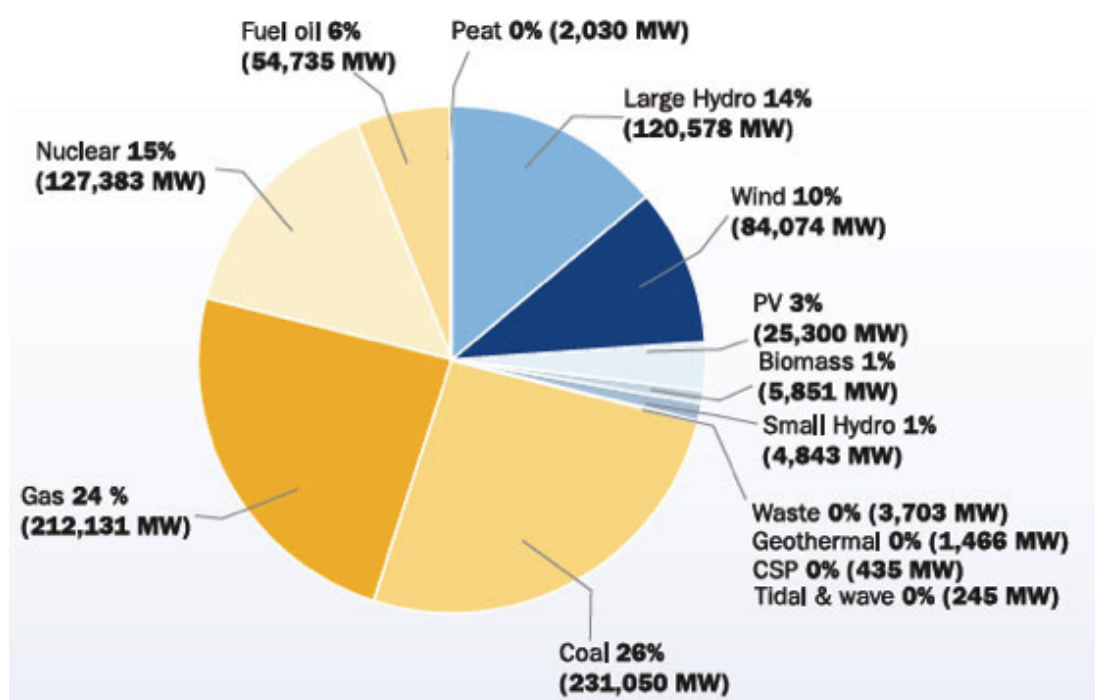
Source: GWEC

El gràfic 4 ens indica la capacitat eòlica anual instal·lada per continents des de 2003 fins el 2011.

En aquest gràfic observem el creixement per continents d'aquesta tecnologia i la gran aposta de microgeneració eòlica asiàtica com a alternativa per no dependre del subministrament d'energies fòssils exteriors.

EU POWER CAPACITY MIX 2010

FIGURE 2.4



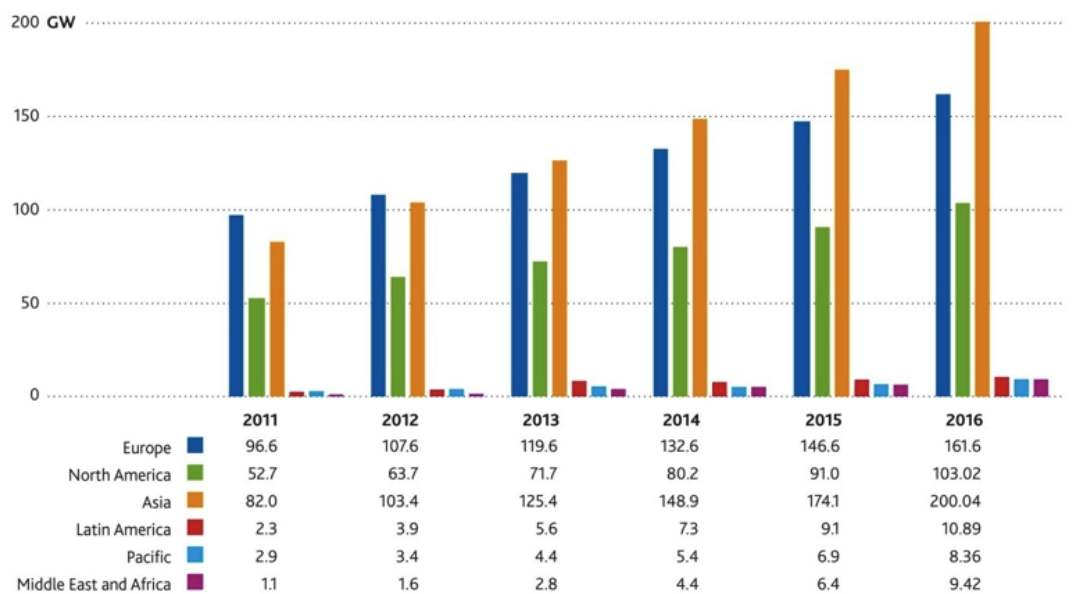
En el gràfic 5 observem el nou repartiment de potència eòlica instal·lada dels països de la UE a 31/12/2010. Si els interessos polítics i financers no fossin una realitat, aquesta estadística podria ser totalment diferent. El problema és que hi han interessos en la demanda energètica que venen provocats perquè darrer del carbó, la nuclear, el gasoil i de més, sempre estan els monopolis financers que exporten matèries primes i que controlen l'economia energètica mundial.

Font gràfics estadístics:
GWEC

3.1 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

En el gràfic 6 observem el pronòstic de mercat acumulat per regions continentals des del 2011 fins al 2016, proporcionant-nos dades de la previsió d'expansió d'aquesta tecnologia. Si analitzem el pronòstic de creixement podem saber el pronòstic de mitjana de creixement global d'aquesta tecnologia: Europa multiplica per 1.67 en seus GW (GigaWatts), Amèrica del Nord per 1.95, Àsia per 2.44, Amèrica del Sud per 4.74, en el Pacífic per 2.88, i en Àfrica per 8.56. També podem pronosticar el creixement global d'aquesta tecnologia en tot el món del 2011 fins al 2016, el 2011 hi ha 237.6GW mundials i al 2016 hi ha un pronòstic de 493.33GW mundials, això representa un augment total del 2.1% global d'energia eòlica en 5 anys.

Font: GWEC¹



Source: GWEC

Un 2,5% és el percentatge de l'electricitat global subministrada per l'energia eòlica, però té un llarg recorregut en el futur perquè el 89% de ciutadans de la UE estan a favor de l'energia eòlica, segons un sondeig del 2011, i no es d'estranyar donat que en el 2010, 84GW de potència eòlica de la UE ha evitat l'emissió de 126 milions de tones (Mt) de CO₂. La consciència mediambiental està aprofundint a les nostres societats per la por entre altres al canvi climàtic, donat això la energia lliure, sense quotes, autòctona i il·limitada és la millor alternativa.

Per això Espanya necessita modificar el model productiu, incentivar les inversions en I+D i promoure empreses fortes i competitives. El sector eòlic és un model per comptar amb empreses líders mundials i amb petites i mitjanes empreses fortes a tota la cadena de subministrament. Es necessari ja que el sector eòlic és clau per complir els objectius europeus de consum d'energia a través de fonts renovables el 2020 d'un 20% en la seva totalitat.

A més a més, l'eòlica dona feina a més de 30.000 persones a Espanya i és el motor de les comunitats rurals i ecoaldeas (Transition Towns). També l'eòlica aporta cada vegada més al PIB (3.207 milions d'euros) i a les exportacions (2.100 milions d'euros)².

¹GWEC és la abreviació de Global Wind Energy Council, associació internacional per a la indústria de l'energia eòlica.

²Dades extretes de l'Associació Empresarial Eòlica.

3.1.2 Energia Eòlica: Gran Eòlica i Mini Eòlica

Encara que la retribució de l'eòlica a Espanya és de les més baixes de la Unió Europea, l'eòlica és la tecnologia més competitiva del règim sostenible (que no inclou només a les renovables, sinó també a la cogeneració): és la que està més pròxima a ser rendible sense incentius.

La captació d'energia eòlica més convencional es basa en tenir un enorme parc d'aerogeneradors que obtinguin energia per portar-la a les centrals elèctriques del país i d'allà transportar-les a qualsevol establiment.

El model centralitzat de generació suposa que un 15% de l'electricitat generada es perdi en les xarxes de transport i distribució. Aquestes a més s'han d'ampliar i reforçar davant el creixement de la demanda energètica, amb el consegüent impacte econòmic i mediambiental.

Per això existeix també un altre tipus de instal·lacions de captació d'energia eòlica que consisteix en tenir mini-aerogeneradors en entorns urbans, s'anomena mini-eòlica i es un sector totalment en expansió. Així doncs la generació d'electricitat distribuïda, on l'energia es produeix allà on es consumeix, està cobrant un interès creixent, com una forma d'incrementar la sostenibilitat energètica, sobretot si es basa en fonts renovables com l'eòlica.

La mini-eòlica és l'energia creada per aerogeneradors, d'una potència inferior als 100 kW, que aprofiten la força del vent. La mateixa és neta, sostenible i pot utilitzar-se tant per autoabastiment, sobretot en zones aïllades en les quals no arriba la xarxa elèctrica, com per subministrar a la mateixa xarxa.



Imatge 1:
Parc Aerogeneradors

3.1 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

El motiu de la limitació a 100 kW, ve determinat per dos punts principalment:

- La norma IEC 61400-2 estableix com petits aerogeneradors, aquells que l'àrea d'escombrat és inferior als 200 m², la qual cosa no porta a equips d'aproximadament 50 kW de potència nominal.
- Reglament de baixa tensió, que estableix com a límit de potència dels 100 kW.

La minieòlica va principalment destinada cap al concepte d'autoabastiment o autogeneració d'energia.

Imatge 2: Un miniaerogenerador a la teulada del que es coneix com a Edifici de l'Energia, a Rotterdam.



Sota aquest tipus de aplicacions es presenten una sèrie d'avantatges respecte a altres tipus de tecnologies:

- Els usuaris o consumidors i en aquest cas els productors radiquen en una mateixa persona i / o emplaçament, per la qual cosa consumidor i productes esdevé un mateix, fomentant d'una banda l'estalvi d'energia, la reducció de costos per pèrdues de transport i la protecció del medi ambient, ja que un petit aerogenerador pot generar gran part de l'energia consumida en una llar.
- La mida i el cost de les infraestructures necessàries són assumibles per la majoria de la societat, només cal incentivar aquestes iniciatives i donar-les-hi lloc i facilitats per la seva regulació.
- A més a més, són combinables amb altres sistemes d'energia, com panells solars. És a dir, els aparells són més petits, per contra produeixen menys energia però es poden ubicar en entorns múltiples, la qual cosa representa poder acostar generació amb consum. Aquesta possibilitat de ubicar aerogeneradors en entorns múltiples esdevé que la producció

no es concentra en grans parcs sinó que pot haver gran quantitat de petits productors.

La mini-eòlica funciona produint energia en girar les aspes de l'aerogenerador per la incidència del vent sobre elles (imatge 3: Minieòlica d'eix horitzontal). Aquesta energia a la vegada, és enviada a una bateria que l'emmagatzema per disposar-ne en qualsevol moment en els casos d'instal·lacions aïllades, des d'on per utilitzar aquesta energia, ja regulada i automatitzada, un inversor converteix el corrent continu en altern a 220V com la subministrada per la xarxa elèctrica.



Imatge 3: Minieòlica d'eix horitzontal

En els casos d'instal·lacions de connexió a xarxa, l'energia generada per l'aerogenerador és subministrada cap a la xarxa elèctrica a través d'un inversor que sincronitza amb la pròpia xarxa.

Aquests petits aerogeneradors es col·loquen en teulades o llocs elevats i poden ser complementats amb altres sistemes d'energia, com panells solars.

Els avantatges de l'energia mini-eòlica són múltiples:

- És una energia neta, sostenible i no contaminant.
- Produïx una energia a petita escala, de manera distribuïda que afavoreix l'autoabastiment, és a dir que l'usuari generi la seva pròpia energia per al consum de la seva llar, podent així reduir la seva factura.
- Ocupen un espai reduït, genera menys impacte visual que altres instal·lacions i requereixen un baix manteniment.
- Accessible per les petites economies.
- Funciona amb vents moderats i no requereix estudis de viabilitat complicats.
- Proximitat des del punt de generació al punt de consum, la qual cosa minimitza les pèrdues d'energia.

3.1 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

- Alleujament per les xarxes de distribució sense produir sobrecàrregues.
- Millora la seguretat de subministrament del país en reduir la seva dependència energètica.
- Genera ocupació local de qualitat i alt nivell de qualificació (fases de construcció, instal·lació i manteniment).

En altres països com Holanda, Regne Unit o Estats Units, l'energia mini-eòlica ja és una realitat. Com que tenen un marc regulador propi i s'han marcat com a objectiu generar entre el 30% i 40% de l'energia elèctrica del país el 2050, mitjançant instal·lacions de microgeneració distribuïda en edificis, principalment alimentats per mini-eòlica i solar fotovoltaica.

A Espanya comptem amb un gran potencial per al desenvolupament de l'energia mini-eòlica, ja que els recursos eòlics són favorables, al costat d'un sector industrial tecnològic que creix a bon ritme i compta amb l'experiència del que es ve fent amb l'eòlica de gran potència. No obstant això, el Ministeri d'Indústria no està afavorint la seva implantació i desenvolupament, la qual cosa farà molt més lenta la implantació d'aquesta energia, ja que els tràmits d'un petit aerogenerador són molt similars als de un parc eòlic.

Per això, cal sofisticar l'energia eòlica de petita o mitjana potència i apostar-ne per el seu progrés per poder obtenir un sistema d'energia sostenible.

L'eòlica és una garantia de sostenibilitat ambiental perquè no contamina, és inesgotable i frena l'esgotament de combustibles fòssils, contribuint a evitar el canvi climàtic, és per excel·lència una tecnologia líder a evitar emissions de CO₂. Cada kWh produït amb energia eòlica té 21 vegades menys impacte mediambiental que el produït pel petroli, 10 vegades menys que el de l'energia nuclear i 5 vegades menys que el gas comparat amb les grans construccions de parcs eòlics, si comparéssim amb la energia de mini-eòlica podria multiplicar-se ja que els costos de producció són baixos.

En l'actualitat, el Regne Unit té unes 100.000 instal·lacions de microgeneració (mini-eòliques) i es concedeixen Certificats Renovables als seus propietaris, introduint incentius fiscals per a qui produeix energia verda.

Espanya actualment és la primera potencia eòlica europea pels parcs instal·lats en grans territoris, però manca d'uns incentius per l'afavoriment de la seva instal·lació en zones urbanes.

Els miniaerogeneradors també contenen desavantatges i és allà on estan els reptes per poder contribuir amb la pràctica del disseny a resoldre les problemàtiques actuals per servir a la societat un millor producte i en conseqüència potencia aquest hàbitat energètic. Alguns d'aquets desavantatges són:

- El disseny és poc atractiu: dissenys més innovadors i atractius permetrien adaptar les formes dels aerogeneradors. Es poden crear aerogeneradors versàtils, artístics, publicitaris...
- Una difícil integració amb l'entorn: molt impacte visual ja que no s'integren amb el paisatge urbà.
- Contenen limitacions tecnològiques: necessiten ser més eficients, econòmics, robustos i modulars.
- Limitacions governamentals: ja que no hi ha regulació per els petits productors elèctrics, la normativa i els tràmits son molt semblants als d'un parc eòlic i això impedeix la seva implantació.

3.1.3 L'energia Mini Eòlica com a futur

L'eòlica està considerada com la gran alternativa de consum energètic en el futur, no només a terra sinó també al mar amb els vents marítics. Els aparells de generació d'energia minieòlica són molt més petits i la seva capacitat de generació d'electricitat és bastant més reduïda. En canvi les seves menors dimensions permeten que es puguin ubicar en entorns urbans. Els miniaerogeneradors tenen una gran vocació d'integració ja que necessiten menys recurs eòlic per funcionar.

La implantació de miniaerogeneradors contribueix a promocionar la imatge en el camp del disseny, de l'urbanisme, del mobiliari urbà i la de generació d'energies netes i renovables. Per tant, com a element de mobiliari urbà, s'han de desenvolupar solucions que integrin miniaerogeneradors en l'entorn urbà, fent-los atractius pels ciutadans.

En l'actualitat no hi ha una normativa sobre la instal·lació de minieòlica, però actualment tècnics espanyols lideren un grup de treball per elaborar una nova normativa i recomanacions pràctiques per a l'etiquetatge de qualitat específics per als aerogeneradors de petita potència.

3.1 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

La gran majoria de la gent estaria a favor del producte si l'eficiència del mateix els hi atorgués autonomia energètica pel seu transport diari. Per tant la minieòlica, la mentalitat de futur i els cotxes elèctrics estan relacionats plenament.

Imatge 4: Un dels motius més evidents per afirmar que la mini-eòlica és una energia en desenvolupament i progrés és que els vehicles elèctrics propiciaran un millor i major ús de la seva capacitat tecnològica.



Les conclusions de l'estudi publicat pels investigadors Mark Delucchi i Mark Jacobsona en Energy Policy revelen que, si hi hagués suficient motivació política, seria tècnicament possible obtenir en 2030 tota l'energia que necessita la humanitat de fonts renovables. Per diagnosticar-ho fan un exercici de prospecció utilitzant com a fonts d'energia únicament la solar, eòlica, geotèrmica i mareomotriu. Algunes dades de les necessitats per a la producció d'energia són molt reveladors: es necessitarien 90.000 plantes de 300 MW d'energia solar, 1.700 milions de panells solars en edificis i 4 milions de turbines eòliques de 5 MW.

En l'actualitat hi ha una necessitat de no emetre CO₂ econòmica i mediambiental. Mediambientalment un canvi de clima a llarg termini podria ser devastador per la raça humana, i per això en l'actualitat hi han impostos i taxes per controlar aquestes emissions; *“L'Estat espanyol es va gastar 770 milions d'euros a comprar drets d'emissió de CO₂ durant la passada legislatura, i es va convertir en el segon país, després del Japó, que més drets d'emissió de diòxid de carboni ha comprat causa de l'alt consum energètic del seu transport, ciutadans i llars.”* Fuente: elmundo.es, *“Espanya va gastar 770 milions d'euros per poder emetre CO₂”,* 29/04/2012.

Hi ha una controvèrsia política entre els propis sectors energètics que no deixa promoure les noves tendències en energies renovables, i també està per altre banda la forta necessitat de demanda exterior, tot això fa que sigui un sistema insostenible:

Miquel Cabré, president d'EolicCat:

“Hem de decidir quin ‘mix’ d'energia, quina participació de les renovables volem en el futur en la generació d'energia del país. I hem de tenir en compte que l'eòlica, la hidràulica i també la solar, la biomassa, la termosolar, encara en menor mesura, són les úniques fonts d'energia que són pròpies, amb les quals no depenem d'un subministrament de combustibles fòssils de tercers països.”

L'estat espanyol va importar l'any passat 50.000 milions d'euros en productes energètics. Són la causa principal del dèficit comercial espanyol, que va ser de 46.000 milions d'euros. I, bàsicament, són per comprar gas i petroli. A l'estat, es consumeixen un milió i mig de barrils diaris, que el mes de gener costaven 136 milions d'euros i avui ja en valen 150. La diferència de 14 milions d'euros al dia és també la xifra diària de les ajudes que van rebre les energies renovables el 2011.

Lluís Recoder, conseller Sostenibilitat Generalitat:

"Jo penso que el govern no ha fet una reflexió prou aprofundida i no ha volgut l'enfrontament, perquè tocar els ajuts a la mineria del carbó representa conflicte, i anar per allò que és menys conflictiu, perquè es queixaran quatre ecologistes i quatre empreses..., doncs em sembla que no va d'acord amb els signes dels temps."

L'aposta del govern espanyol per frenar l'expansió de les energies renovables atura el desenvolupament d'un sector líder a escala mundial, i també compromet el compliment de reducció d'emissions del Protocol de Kyoto.

Font: Un reportatge de J.M. Fernández, Alfons Casado i Robert Verdés.

El repte de disseny prové de la necessitat de millorar l'extracció d'energia enfocant-me únicament en el sector de la mini-eòlica i les seves problemàtiques, tenint en compte que és un dels sectors amb més potencial de creixement en el futur i encara que estiguem en una època de recessió econòmica, Espanya té una forta indústria y societat que aposta per l'energia eòlica de manera que els únics impediments són els tràmits obligatoris a realitzar per tenir el teu propi aerogenerador, que en el futur aniran variant per afavorir aquestes vies de desenvolupament energètic sostenible i autòcton.

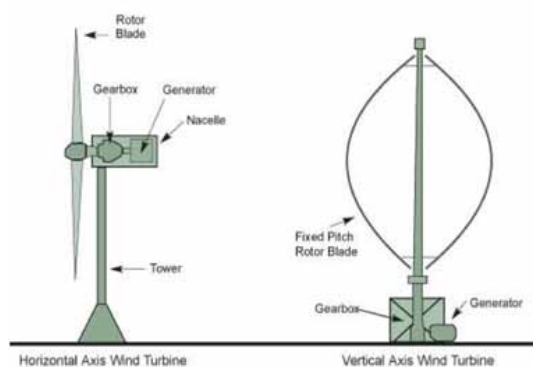
El disseny té que tenir un paper clau en la innovació de les millores possibles en aquest sector en expansió. El disseny i els nous estils de vida s'entrellacen per donar noves solucions a problemes existents. Amb nous paradigmes i noves situacions de vida podem trobar noves idees que ens facin apostar per les renovables, fer dissenys millorant conceptes i aportant solucions fa pressió a la societat per apostar per aquest tipus d'alternativa més sostenible.

3.2 ANÀLISIS

3.2.1 Característiques disseny d'aerogeneradors Mini Eòlica

Els aerogeneradors actuals estan classificats en dos tipus: d'eix horitzontal HAWT (horizontal axis wind turbine) i d'eix vertical VAWT (vertical axis wind turbine), el eix al qual fan referència és el que està girant per la incidència del vent, si es horitzontal serà paral·lel al terra i, en canvi, si es vertical la posició del eix serà perpendicular al terra.

Figura 1: Eix horitzontal HAWT (horizontal axis wind turbine) i eix vertical VAWT (vertical axis wind turbine)



Els d'eix vertical contenen una sèrie d'avantatges per la implantació de instal·lacions mini-eòliques en zones urbanes i/o residencials que els fan més adients:

- No requereixen grans inversions perquè les seves dimensions poden ser reduïdes. Tampoc necessiten d'una torre potent o instal·lacions complexes com els d'eix horitzontal. El seu manteniment és senzill, i es poden col·locar en qualsevol lloc, tant en sòl ferm com en una teulada d'un habitatge.
- Aprofiten millor la direcció dels vents, no importa si són turbulents o de baixa altura, tampoc afecten les irregularitats del terreny, que incrementen la velocitat del vent. La turbina vertical aprofita el mínim flux d'aire per obtenir energia neta.
- Funcionen de manera silenciosa, una cosa fonamental perquè puguin situar-se en llocs habitats, tant urbans com a rurals. Tenen l'avantatge que s'engeguen amb petites velocitats del vent, alhora que són més resistents als vents intensos.
- El seu impacte ambiental és molt menor, ja que les aus poden evitar-los amb més facilitat i no és imprescindible que estiguin en espais naturals per aprofitar l'energia eòlica.

- La seva alineació vertical rep al vent des de qualsevol adreça, per la qual cosa no requereixen cap sistema d'alineament de l'aerogenerador i redueix significativament el seu cost. Tampoc necessiten sistemes de frenat costosos, perquè són capaços d'autofrenar les pales amb vents extrems donat que el mateix corrent d'aire els hi contraresta l'efecte.

Emmarcats en els aerogeneradors d'eix vertical en destaquen tres grans grups encapçalats per dos enginyers, Sigurd Savonius i Georges Darrieus.

Són turbines molt simples i de baix cost, moltes vegades implementades de manera artesanal. Aquestes tenen pales amb les que resisteixen l'energia del vent i la diferència entre elles respon a dissenys constructius particulars.

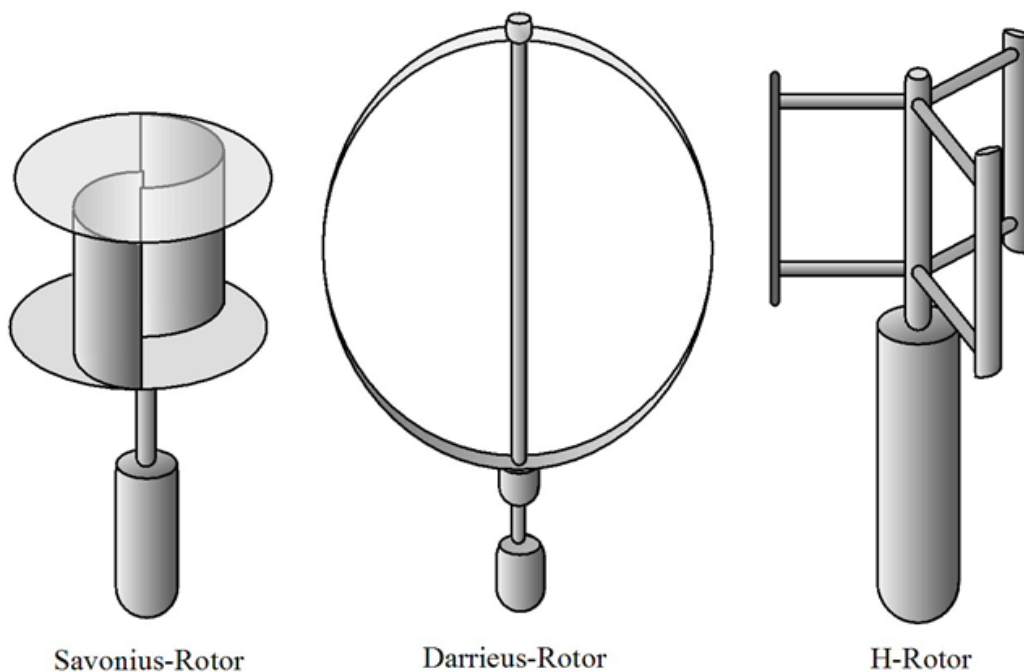


Figura 2: Rotor Savonius per Sigurd Savonius, Darrieus rotor i H rotor per Georges Darrieus

Són tecnologies àmpliament utilitzades a nivell global i les seves principals aplicacions estan orientades a bombament d'aigua, sistemes simples de refrigeració, càrrega de bateries, entre altres aplicacions, on es dona més rellevància al cost que l'eficiència. El disseny Savonius presenta eficiències màximes de l'ordre de 15 a 25% i està orientada a generació de fins a 5 kW. Per la seva banda, Darrieus té eficiències de 20 a 35% i potències associades de 5-4.000 kW [Sandia Laboratory, 2011]³.



Imatge 5: Disseny Savonius

³El Laboratori Nacional de Sandia (de l'anglès Sandia National Laboratories) és un laboratori administrat i operat per la Corporació de Sandia (una filial de Lockheed Martin Corporation) i un dels millors laboratoris nacionals d'investigació i desenvolupament del Departament d'Energia dels Estats Units amb dues localitzacions, una a Albuquerque (Nou Mèxic) i una altra a Livermore (Califòrnia).

3.2 ANÀLISIS

Imatge 6: Disseny Darrieus



Respecte de la tecnologia Savonius, patentada pel finlandès Sigurd Savonius el 1922. És el disseny més simple de aerogenerador, podent construir equips artesanals, amb un barril metàl·lic tallat diametralment i amb dues meitats desplaçades del seu eix.

Les Darrieus, patentades per G. Darrieus l'any 1931 i desenvolupades després pel Laboratori Sandia en els anys 70, són turbines bastant simples i de baix cost, encara que més grans que les turbines Panémona i Savonius. Són turbines constituïdes per dues pales en forma de fulles primes, unides a l'eix en els extrems amb una corba dissenyada per optimitzar el rendiment. Comencen a funcionar amb velocitats de vent d'uns 2 m / s.

Imatge 7: Disseny H-rotor



Per la seva banda, la tecnologia H-rotor, també patentada per Darrieus l'any 1927, té diferents configuracions, però en general, consisteix en pales paral·leles a l'eix, separades d'aquest per un braç rígid. Pot generar potències entre 10 kW i 1 MW però al no ser molt aerodinàmica no conté una potencia constant, tenen factor de planta⁴ entre 18 i 42% i eficiències entre 15 i 30% [Sandia Laboratory, 2011].

⁴El factor de planta (també anomenat factor de capacitat net o factor de càrrega) d'una central elèctrica és el quocient entre l'energia real generada per la central elèctrica durant un període (generalment de forma anual) i l'energia generada si hagués treballat a plena càrrega durant aquest mateix període. És una indicació de la utilització de la capacitat de la planta en el temps.

Encara així les turbines són eficients en el rendiment quan mantenen potències constants que fan mantenir una càrrega constant que optimitza en gran mesura la seva eficiència.

Alguns dissenys combinen en un mateix eix, un Savonius al centre amb un Darrieus per fora. Aquesta aplicació és molt usada en àrees rurals, podent generar potències entre 0,1 i 5 kW, i amb un factor de planta entre 35 i 45% i eficiències entre 15 i 25% [Sandia Laboratory].



Figura 3: Disseny combinació Savonius-Darrieus

Els sistemes d'eix vertical tenen costos d'inversió entre 3.000 i 10.000 USD / kW, amb costos d'operació entre 8 a 40 USD / kW / any. El cost mitjà de l'energia és de 24,5-49,9 centaus per kWh, sent aquests rangs variables en la mesura que aquests equips presenten diverses configuracions i nivells de sofisticació. Si es superessin en eficiència baixaria el cost mitjà d'energia.

Els dissenys de turbines d'aire ha petit petites variacions particulars al llarg dels anys, la més considerable és que les turbines d'eix vertical fossin helicoidals, ja que aquesta geometria permet capturar molt millor als aires turbulents incloent els aires verticals.



Imatge 8: Turbina eix vertical helicoidal

3.2 ANÀLISIS

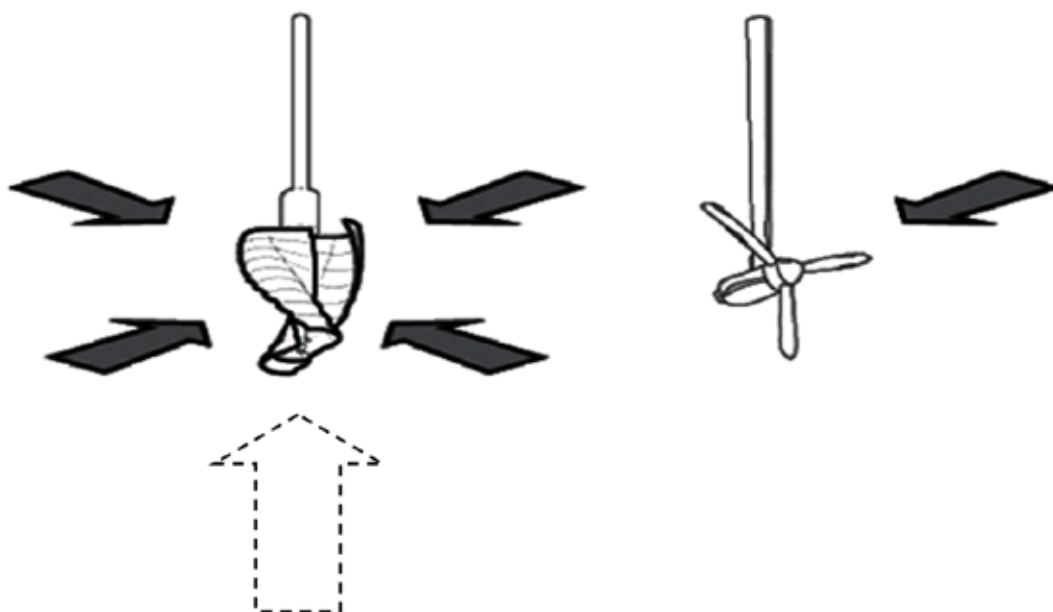
Per tant, les característiques generals responen a la seva geometria i al seu rotor. El rotor amb més potencial en les ciutats és el d'eix vertical. Dins del rotor d'eix vertical busquem la constància de moviment i la tecnologia H-rotor no és aerodinàmica, per tant no aconseguix tenir energia cinètica constant. La tecnologia Savonius representa eficiències entre 15-25% i la Darrieus entre 20-35%, però la seva diferent geometria ens ajudarà a resoldre diferents necessitats funcionals.

Una característica molt remarcable és que quanta més àrea de pala tingui, més fàcil serà començar el moviment cinètic, és a dir, en menys velocitat mínima començarà a produir energia. Això ens ajuda a entendre el perquè de la unió dels dos dissenys en un, com en la figura 3, i ens donar noves perspectives de funcionament i optimització.

3.2.2 Vents urbans i aerogeneradors

Una de les claus per la implantació dels aerogeneradors d'eix vertical en les ciutats són les avantatges que tenen per aprofitar corrents turbulentes d'aire en totes direccions. Som conscients que tenim carrers a la nostra urbe en els quals es produeix el mateix efecte que els rius per les muntanyes, l'aire amplifica la seva velocitat al rebre corrents diverses ja que l'augment de velocitat baixa la pressió i crea un efecte que absorbeix les corrents circumdants dels carrers contigus. Segons Bernoulli, alta velocitat implica baixa pressió i viceversa.

Figura 4: observem la heli-coïdal Savonius captadora de vents en totes direccions horitzontals i si girem la imatge podem observar que també aquesta geometria permet a la turbina capturar corrents verticals.



Els vents verticals no s'han aprofitat mai en els aerogeneradors perquè eren massa febles i no provocaven cap avantatge en el món rural, en canvi si traslладem la idea de captar els corrents verticals en la ciutat esdevé coherent. En la ciutat s'escalfa més el sòl i aquests augments de temperatura fan que hi hagi una diferència de pressió atmosfèrica. En primer lloc, l'aire calent que hi ha sobre la ciutat augmenta i arriba als voltants, després es refreda, es fa més pesat i baixa tornant a la ciutat com brisa urbana.

Hi ha un estudi que ens revela com actua la circulació atmosfèrica local:

“El clima a les ciutats: Circulació atmosfèrica local

En una ciutat, es forma una circulació atmosfèrica local. Es pot observar la denominada brisa urbana i l'elevada densitat d'edificis modifica la velocitat i la direcció del vent. El vent pot millorar la qualitat de l'aire en una ciutat, però també pot causar un refredament massa intens dels edificis.

En una ciutat la circulació atmosfèrica es controla per factors naturals i antropogènics, per exemple, temperatura de l'aire, relleu de la superfície, presència de diverses barreres (turons, boscos, edificis alts). L'àrea urbana s'escalfa molt més ràpid durant el dia que les zones no urbanes. Per tant, apareix una diferència de pressió atmosfèrica, amb una zona de pressió més baixa sobre la ciutat i pressió més alta sobre les zones no urbanes confrontants. Aquesta diferència genera un moviment del vent cap a l'interior de la ciutat. Aquests són vents locals, de diferent origen i de molta menor escala espacial que els que els vents provocats per la circulació atmosfèrica i les diferències de pressió sobre un continent. Quan no hi ha vent (a causa de la circulació atmosfèrica) sobre una àrea determinada, és quan millor es desenvolupa la brisa urbana. En primer lloc, l'aire calent que hi ha sobre la ciutat augmenta i arriba als voltants com l'anomenada anti-brisa. Després es refreda, es fa més pesada i baixa tornant a la ciutat com brisa urbana.

1. Brisa urbana



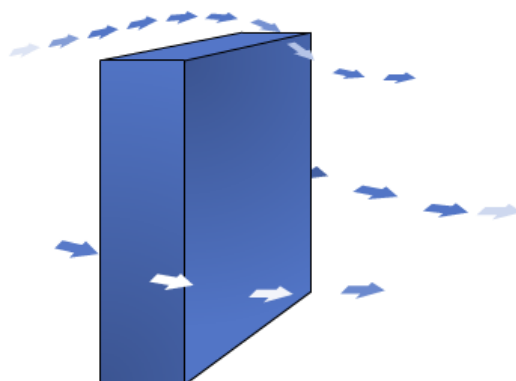
3.2 ANÀLISIS

Quan el vent arriba a la ciutat canvia la seva direcció, segueix el túnel creat pels carrers amb edificis alts a banda i banda, o evita les barreres que consisteixen en edificis situats perpendicularment a la direcció original del vent. Les principals carreteres que arriben a la ciutat també es comporten com passadissos pels quals el vent entra per la tarda a la ciutat. Als carrers amples, el vent simplement segueix el curs del carrer. No obstant això, als carrers estrets la velocitat del vent augmenta de forma significativa en les cantonades. A més, el vent genera remolins locals a les places i en els encreuaments de carrers on s'ajunten diversos corrents d'aire.

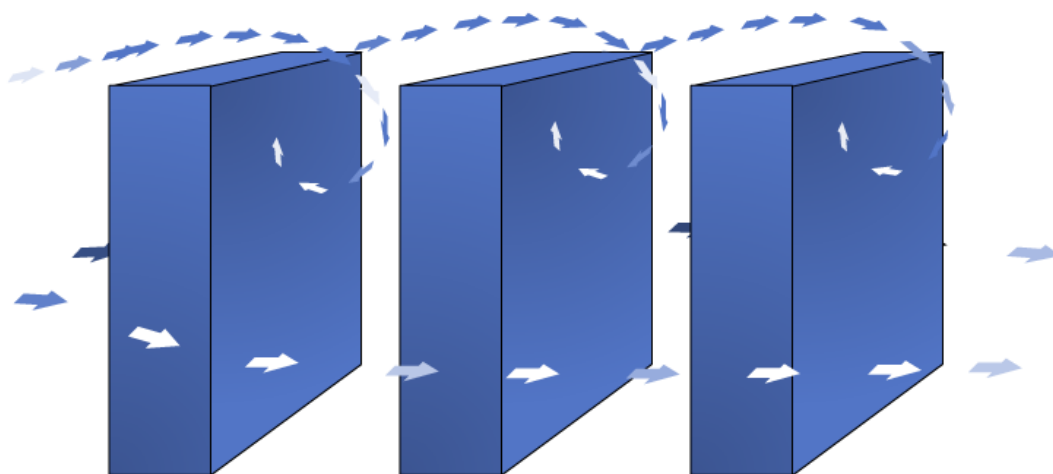
Al centre d'una ciutat, la velocitat del vent és menor que als voltants i per això el vent té una direcció cap a fora de la ciutat. La velocitat del vent està estrictament relacionat amb les característiques de la superfície, és a dir, densitat i altura de les barreres que causen la reducció de la velocitat del vent (edificis, arbres, etc.). Al centre de la ciutat, la velocitat del vent es redueix un 20% en comparació amb els voltants, i es veuen freqüentment vents més febles ($<3\text{m/s}$) que fora de la ciutat.

Quan el vent bufa perpendicularment als edificis situats en filera, el costat que es troba a sobrevent (en contra del vent) està exposat a fortes ràfegues, mentre que el costat que està a sotavent (en la mateixa direcció del vent) s'anomena ombra aerodinàmica. A més els edificis estan ventilats intensament el que té un impacte negatiu per a la salut i el confort dels habitants. Els blocs de pisos que estan situats un darrere de l'altre causen remolins locals a sotavent, però la mida d'un remolí augmenta amb l'altura de l'edifici. Si les distàncies entre els blocs disminueix, redueix la velocitat del vent fins al 50%. Quan el vent xoca amb un edifici alt, el corrent d'aire es divideix. Una part es mou de forma ascendent, mentre que la resta va al voltant de l'edifici, el que provoca que augmenti la velocitat del vent un 30% en les cantonades de l'edifici. Els edificis baixos situats prop dels alts, solen experimentar l'impacte negatiu de la modificació de direcció del vent. Els corrents d'aire generades pels edificis alts (descriu a sota) poden causar ara la vibració d'edificis més baixos.

2. Simulació de moviment del vent en les proximitats d'un edifici



3. Simulació de moviment del vent en prop dels edificis



Quan la velocitat del vent és superior a 3m / s els efectes sobre les condicions aerosanitàries són majoritàriament positius, ja que millora la ventilació de la ciutat i incrementa l'evaporació. Però al mateix temps, augmenta la dispersió de la contaminació atmosfèrica i durant l'hivern provoca pèrdues de calor en els edificis exposats freqüentment a ratxes d'aire."

Sobre aquesta article:

Autors: Sebastian Wypych, Anita Bokwa - Jagiellonian University - Cracòvia / Polònia

Col·laborador: Mateusz Kaminski

1. Supervisor científic: Prof Barbara Obrebska-Starkel - Jagiellonian University - Cracòvia / Polònia - 2003.06.20

2. Supervisor científic: Dr Marek Nowosad - Maria Curie-Sklodowska University - Lublin / Polònia - 2003.06.16

Es pot observar que la denominada brisa urbana i l'elevada densitat d'edificis modifica la velocitat i la direcció del vent.

Font: http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2__Clima_Urbano/_-Circulaci_n_atmosf_rica_3x7.html

3.2 ANÀLISIS

A continuació s'expressa la conclusió general de l'article:

- 1.- Existeix la brisa urbana, és a dir, la ciutat crea corrents (clima) amb el seu camp exterior.
- 2.- Hi han corrents accelerats en les ciutat al canviar d'un carrer ample a un estret.
- 3.- L'aire quan xoca en les cantonades d'un l'edifici augmenta un 30% aproximadament la seva velocitat i rebota.
- 4.- La majoria de l'aire rebota ascendent donat que el corrent continu provoca que l'aire vulgui esquivar l'edifici i la manera més fàcil es per dalt.

Donat que hi han carrers d'efecte embut que propicien la constància del corrent en les nostres ciutats, es va detectar punts d'acceleració "constants" en els corrents verticals urbans situats en cantonades, de tal manera que una nova font potencial d'energia estava present i encara inutilitzada.

Als entorns urbans el recurs eòlic és més reduït i els fluxos d'aire tendeixen a ser turbulents, inclinats i més inconstants. Les particularitats del vent fan que els miniaerogeneradors d'eix vertical tinguin els àleps millor adaptats per aprofitar vents turbulents, variables i inconstants.

3.2.3 Exemples i conceptes de dinàmica de fluids

L'avantatge principal del disseny de la turbina Darrieus (figura 5) respecte al de Savonius és que conté molt més aerodinàmica i això el fa mantenir la seva potència en un moment determinat durant més temps.

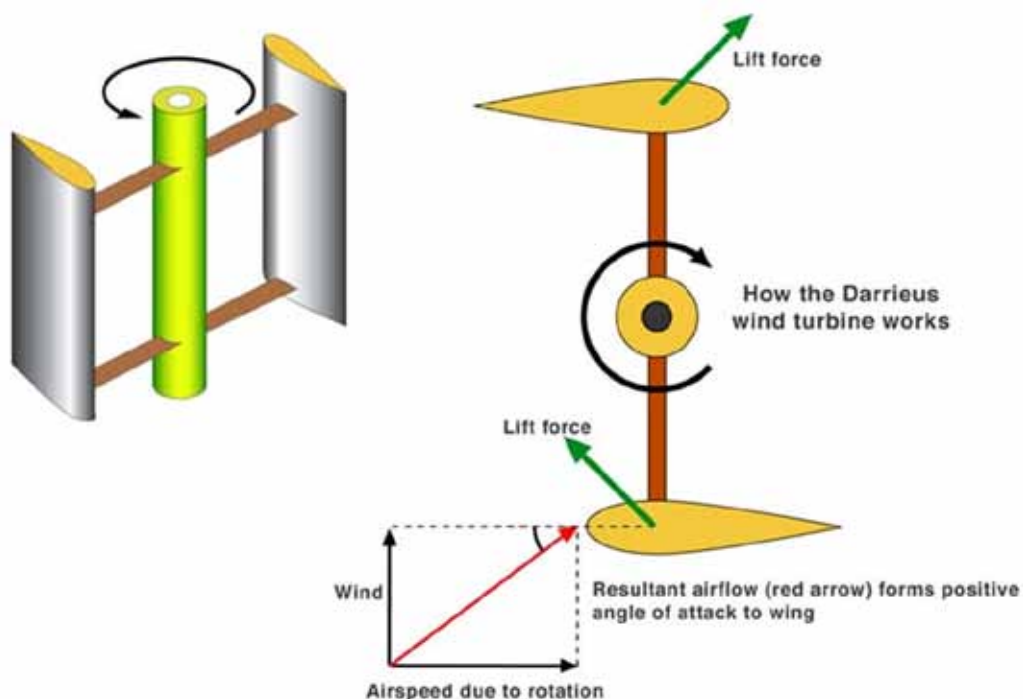


Figura 5: Darrieus aerodinàmica

En canvi hi han petits re-dissenys de la turbina Savonius que contenen una propietat molt important per la captació dels vents turbulents urbans; és la seva capacitat per intercanviar l'aire amb direccions diferents i velocitats diferents que fa crear una espècie d'efecte tornado per repulsions dels aires creats de les dues pales, és a dir, la mateixa llei de Bernoulli anomenada abans, sumada a la velocitat cinètica de la turbina.

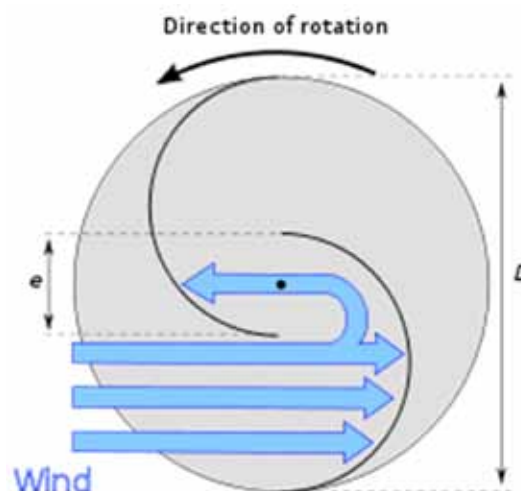


Figura 6: Savonius. Corrents concèntriques verticals.

3.2 ANÀLISIS

Existeix actualment una tecnologia que és remarcablement interessant per donar constància i estabilitzar les corrents d'aire, alhora també les amplifica per 15 vegades. Es tracta dels sistemes de ventiladors Dyson :

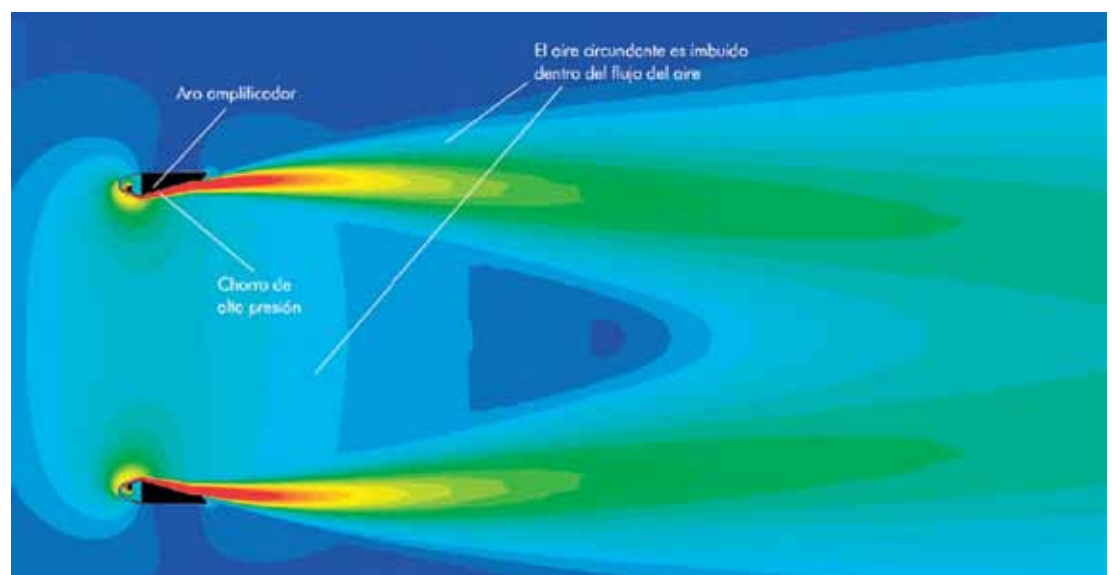
Figura 7: Amplificador



“Sense aspes. Sense ràfegues, la tecnologia Air Multiplier™ amplifica l'aire del voltant, oferint una ininterrompuda i suau corrent d'aire.

Tecnologia Air Multiplier™, l'aire és accelerat a través d'una obertura circular. Això crea un raig d'aire que circula per una rampa aerodinàmica, canalitzant la seva direcció, imbuïnt l'aire circumdant dins del flux d'aire i amplificant-lo 15 vegades (això s'anomena inducció i arrossegament d'aire).”

Simulació dinàmica de fluids 1



Font: per saber-ne més dels ventiladors Dyson consultar a: http://media.dyson.com/downloads/es/fans/AM_brochure.pdf

Mentre acabava el meu disseny vaig descobrir un aerogenerador que produeix un 600% més d'energia (accelerant el vent). Aquest disseny corrobora el meu principi d'acceleració en el qual està basada la meua proposta conceptual.

Al mes de maig d'aquest mateix any 2013, l'empresa nord-americana SheerWind acaba de presentar un nou tipus de generador eòlic, de nom INVELOX, capaç de produir un 600% més d'energia que les turbines actuals. El nou disseny utilitza embuts per capturar el vent i dirigir fins a una turbina situada al terra.

El vent entra per un embut i segons es va estrenyent aquest augmenta la seva velocitat fins al punt en que és turbinat.

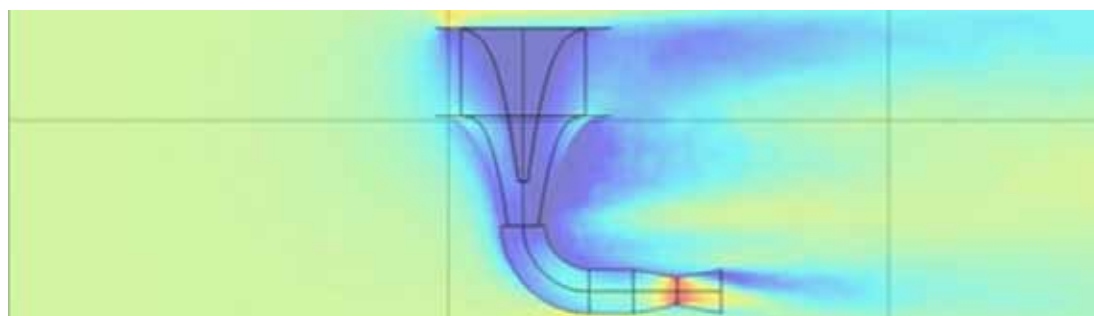
Les proves han demostrat que un vent de velocitat de 16 quilòmetres per hora arriba a la turbina amb una velocitat de 64 quilòmetres per hora. Després de passar per la turbina vent torna a l'exterior amb una velocitat de 24 quilòmetres per hora, veure simulació dinàmica de fluids 2.

El sistema és capaç de produir energia amb velocitats del vent de només 0.5 m/s.

La millora en el rendiment respecte als aerogeneradors tradicionals en les diferents proves ha oscil·lat entre el 81% i el 600%. Caldrà esperar que el sistema sigui testat per científics independents que verifiquin els increïbles números d'aquest aerogenerador.



Imatge 9: La part d'adalt és la recol·lectora de corrents, mentre que abaix trobem el punt de màxima acceleració d'on s'extreu l'energia amb una turbina.

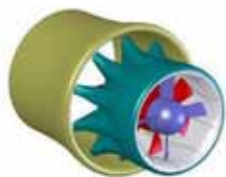


Simulació dinàmica de fluids 2

Font:
http://www.medioambiente.org/2013/05/un-aero-generador-que-produce-un-600-mas.html?utm_source=BP_recent

3.2 ANÀLISIS

Figura 8: FloDesign
Wind turbine



FloDesign Wind Turbine, de la companyia aeroespacial FloDesign de Wilbraham, Massachusetts, ha desenvolupat una aeroturbina capaç de generar electricitat amb la meitat de cost que les turbines convencionals.

Normalment, quan el vent s'apropa a una turbina, gairebé la meitat de l'aire és forçat a envoltar els rotors en lloc de passar a través de les seves pales, i l'energia d'aquest vent es perd.

Envoltant les pales de les turbines amb una carcassa, FloDesign aconsegueix augmentar la velocitat del vent i incrementar la producció d'energia molt més enllà que una turbina convencional del doble de grandària.

Simulació dinàmica
de fluids 3



Unes pales més petites, a més d'altres factors, permeten que les noves turbines puguin col·locar-se més a prop unes de les altres, augmentant el rendiment de les àrees d'explotació.

Vista frontalment, les turbines sembla un motor d'avió. Quan l'aire s'aproxima, primer troba les pales fixes ("stator") que redirigeixen el vent cap a les pales mòbils ("rotor"). L'aire mou el rotor i surt per l'altre costat a menor velocitat que l'aire que ho envolta.

El disseny de la coberta exterior fa que aquest aire més ràpid sigui dirigit just darrere, creant un àrea de baixa pressió just després de les pales de la turbina per augmentar la força de succió.

Paul Sclavounos, professor d'enginyeria mecànica en el MIT, afirma que una part de increment s'aconsegueix simplement mitjançant la coberta exterior, guiant el vent que envolta de la forma indicada.

La clau d'implantació d'aquest disseny estarà en saber si les noves turbines es podran construir i mantenir al baix cost proposat.

Imatge 10: Direccionament
de corrents circumdants.



3.2.4 Referents

Els referents provenen de diferents camps on l'aire i els seus efectes tenen rellevància i els fan especials per l'estètica, la funció, l'atribut qualitatiu, etc.

3.2.4.1 Referents Naturals

Els mussols són dels animals més silenciosos que hi han alhora d'atacar i això que habiten en boscos.

El seu plomatge està disposat de tal manera que recol·lecta l'aire sense provocar friccions i l'aprofita per augmentar el seu moviment.



Imatge 11



Imatge 12

El gel forma una espècie d'estalactites en la seva part posterior quan està sotmès a fortes rafegues de vent, això es donat per el seu contravent al sortir del gel. Aquesta forma permet no crear turbulències en la sortida.



Imatge 13

3.2 ANÀLISIS

Imatge 14 i 15



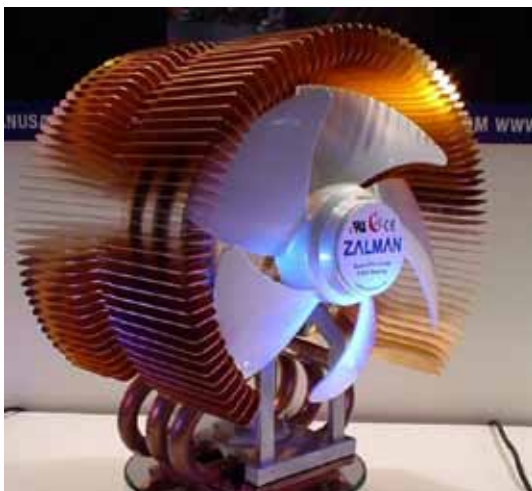
El bec del ocell Martín permet reconduir els fluxos d'una manera propícia per la seva aerodinàmica. Ha estat ja cas de biomimetisme en els morros dels trens d'alta velocitat, que al entrar en els túnels patien massa pressió que es convertia en soroll.

Imatge 16



Les aletes dels taurons són perfectament hidrodinàmiques i en l'actualitat s'utilitzen com un referent en la geometria de les pales dels ventiladors que necessiten més potència i numero de revolucions donat que fa traspasar millor el aire creant corrents i no turbulències.

Imatge 17



En la imatge 17 veiem com han treballat biomimetitzant la forma de l'aleta del tauró i l'han inclòs una espècie de carcassa al perímetre per crear l'efecte Bernoulli. Aquest ventilador l'han creat experts en aerodinàmica i en col·laboració amb un túnel d'aire, de manera que han sigut capaços de crear el millor ventilador per servidors o ordinadors del món.

3.2.4.2 Referents tecnològics



Imatge 18: Les turbines dels avions amplifiquen el seu corrent de tal manera que el avió es pot estabilitzar en el aire gracies a aquest funcionament.



Imatge 19: El turbocompressor dels cotxes n'és un altre exemple d'amplificador de corrents.

3.2 ANÀLISIS

Imatge 20: Els túnels de vent ajuden a entendre el funcionament i les variacions de la teoria de dinàmica de fluids d'una manera molt visual.



3.2.4.3 Referents conceptuals d'edificis futurs amb caire ecològic

La relació entre l'arquitectura i el objecte, en aquest cas un aerogenerador, es molt important i en el futur els edificis aniran canviant d'estètica i mentalitat, fent-los cada cop més autosostentables i apostant per les renovables: arquitectura bioclimàtica.

Imatge 21 i 22: En aquesta coberta d'aquest peculiar edifici s'han implantat Savonius de la marca HelixWind rodejats per un perímetre que forma part del edifici i els intengra perfectament.





Imatge 23: Un exemple de comunitats autosostenibles, cada cop més expandides arreu del món.



Imatge 24: Un exemple de projectes de caire ecològic, àmbit on cada cop ens estem integrant més i on trobem incentius per desenvolupar tecnologia minieòlica.

3.2 ANÀLISIS

Imatge 25 i 26: Els nous projectes d'arquitectura s'estan concebin estructures molt orgàniques a les quals la minieòlica tindrà que ser integrada amb facilitat, amb dissenys que segueixin la consonància estètica.



Imatge 27: Al tractar-se d'un projecte conceptual amb caire futurístic s'han tingut molt en compte les noves tendències arquitectòniques en les quals s'implentaria i s'ha apostat per formes orgàniques i inspiradores. Aquest projecte en particular respon aquets criteris.



3.2.4.4 Referents aerogeneradors

Il·luminació urbana sostenible: Blossom Light de Philips



Imatge 28: Un referent conceptual d'aerogeneradors més artístic i tecnològic.

Aquestes faroles poden generar energia durant el dia, ja sigui per l'ús dels seus rotatius pètals (aerogenerador) per recollir l'energia eòlica, o mitjançant l'ús de les cèl·lules solars dins dels pètals mateixos per recollir l'energia del sol (amb el comportament d'imitació de gira-sol). Quan estan recollint energia, els transeünts són notificats amb una pantalla LED amb formes orgàniques semblant a les plantes. Les faroles poden ser totalment d'autoabastiment, i fins i tot pot posar 'excés' d'alimentació a la xarxa.

Durant la nit, els pètals es pleguen i els LEDs de la 'flor' s'encenen, il·luminant l'àrea circumdant mentre s'assegura que cap llum es filtra cap amunt, causant contaminació lumínica. També estan equipats amb sensors de proximitat, i entra en una manera d'estalvi d'energètic quan no hi ha ningú al voltant.



Imatge 29: Blossom Light durant el dia.

Imatge 30: Blossom Light per la nit.

3.2 ANÀLISIS

“The future is in the air”:

Després de dos anys de recerca, el dissenyador francès Philippe Starck va presentar a Milà uns petits aerogeneradors domèstics, ideals per col·locar en el jardí o en la teulada.

Imatge 31: Aerogeneradors domèstics, Philippe Starck.



Una empresa industrial dedicada al sector va col·laborar amb ell anomenada Pramac.

P. Starck ha creat dos models de turbines eòliques (d'eix vertical) amb la intenció d'ajudar al fet que la gent pugui produir energia a les seves cases.

El model de l'esquerra és quadrat (de doble fulla) capaç de produir 400w i costaria uns 2.500€, el de la dreta és una turbina de triple fulla, amb una capacitat d'1kw i un preu de 3.500€.

Per un altre banda, la recerca de molts miniaerogeneradors del mercat em proporcionava el dimensionament aproximat en relació amb la potència generada.

En aquesta taula apreciem uns quants aerogeneradors del mercat de fa uns 3 anys aproximadament, la va realitzar Lluís Monjo Mur en la memòria del seu projecte final de màster: Disseny d'un aerogenerador eòlic de petita potència, en els estudis d'enginyeria d'energia.

Model	Fabricant	Pales / Eix horitz-vert	Potència nominal [W]	Velocitat arrancada [m/s]	Velocitat nominal [m/s]	Diàmetre pala [m]	Alçada torre [m]
Ari 2500	ARI Renewable Energy	3 – E.H.	2500	5	12	-	-
Whisper500	Windenergy	2 – E.H.	3000	3,4	10,5	4,5	7
Skytream	Windenergy	3 – E.H.	1900	3,5	9,4	3,72	10-18
Tulipo	Tulipo	3 – E.H.	2500	3	10	5	12,5
Proven 2.5	Proven Energy	3 – E.H.	2500	-	-	-	-
Twfi280	The wind factory	3 – E.H.	1800	1,5	12	-	-
Turby	Turby	3 – E.V.	2500	4	14	2	-
Nasmi	Nasmi	3 – E.H.	2500	2	8	5	-
Hush	O'Connor Wind Factory	3 – E.H.	3000	-	-	-	-
Lf2kW	Flexienergy	3 – E.H.	2000	3	9	3,7	9
Lf3kW	Flexienergy	3 – E.H.	3000	2	10	5	9
S322	Helix Wind	3 – E.H.	2500	5	8	2,64	-
TGT2	Taos Wind En.	3 – E.H.	2000	3	12	2,8	-
FSW Giro	Four Seasons Wind Power	5 – E.V.	3000	-	22,2	4,5	-
E400	Krestel	3 – E.H.	3000	3	12,5	4	

Font Taula: Projecte final de màster: Disseny d'un aerogenerador eòlic de petita potència, en els estudis d'enginyeria d'energia. Universitat Politècnica de Catalunya.

En aquesta taula veiem com la potència nominal té relació amb el diàmetre però en cada fabricant varia el seu rendiment, segons el disseny i la tecnologia del generador.

També observem que els miniaerogeneradors d'eix vertical i eix horitzontal comparteixen mercat segons els requeriments de la implantació i altres factors també determinants.

3.3 JUSTIFICACIÓ DE CRITERIS

Tots els elements investigats en aquests apartats formen part de la possibilitat d'inserció del disseny en les energies renovables, fent d'aquesta tecnologia una realitat propera per l'usuari.

La societat cada cop és més ecològica i respon amb més efervescència contra les pujades dels preus, encara així, continuem tenint tendència de aglomerar-nos en ciutats, això col·loca a la minieòlica com una de les possibles alternatives energètiques renovables.

La seva eficiència i el seu cost la fan idònia per apropar-la a un gran públic de possibles co-generadors d'electricitat. A més a més, es pot combinar amb panells fotovoltaics, fent més eficient i constant el sistema de generació d'electricitat.

Avui en dia existeixen cooperatives energètiques catalanes com ara SomEnergia⁵ que només subministren energia de font renovable, conscienciant a la població i invertint en la infraestructura. Aquesta gent s'assegura de proveir energia renovable als seus socis.

La energia fotovoltaica en un perfecte emplaçament (un clima amb sol) té actualment un preu que el fan equitatiu amb el rendiment entre 8 i 20 anys, les instal·lacions de petites plantes fotovoltaiques de 4KW tenen un cost aproximat entre 8.000-15.000€. L'energia eòlica de la mateixa potència està entre 4.000 - 18.000€. Depèn del vent i de la eficiència del aerogenerador que aquest preu es faci equitatiu amb el rendiment en 5 o 25 anys. L'energia eòlica ocupa un diàmetre aproximat d'uns 4 o 5 m2 per un aparell capaç de produir 4KW, en canvi, per 4KW es necessiten 40 m2 de plaques solars. Són dos intervencions diferents per respondre a diferents característiques del lloc d'emplaçament i com no, del seu clima.

En el projecte s'han escollit les característiques més diferenciades de tots els referents eòlics per poder adaptar als corrents turbulents de la ciutat i poder fer aquesta tecnologia més eficient.

També el disseny conté referències a elements naturals per donar una estètica més poètica, però alhora tots ells estan implícits a una característica funcional, un procés de biomimètica ha sigut transcendent en la concepció aerodinàmica.

Per tant, el disseny està basat en varietats de formes que trobem en la natura o en la aeronàutica i estan combinades amb lleis físiques dels fluids. Aquests criteris van ser escollits per aconseguir dotar de simbologia pròpia al producte, oferint una estètica diferent e innovadora, amb la consegüent pertinència funcional per la qual ha estat creada.

⁵ Més informació a <http://www.somenergia.coop>

Així doncs tots aquests criteris em porten a un camí d'investigació profunda de l'aerodinàmica en tots els seus efectes per poder donar un nou concepte en aquest àmbit d'investigació.

La proposta es planteja inicialment en millorar dos aspectes claus dels aerogeneradors: l'eficiència i l'estètica. Utilitzant els criteris d'amplificació de fluids i proposant noves línies estètiques, per canviar el paradigma actual de que els miniaerogeneradors són molestos i poc eficients en la ciutat.

El punt clau on determinarà la coherència funcional del projecte serà donat per la situació d'implementació del miniaerogenerador i les seves característiques de corrents de vent.

4. MEMÒRIA DESCRIPTIVA

4.1 IDEA O VISIÓ DE DISSENY

Donat la problemàtica actual energètica esmentada en l'estat de la qüestió, cada cop més els ciutadans demanem autonomia energètica i l'energia mini-eòlica t'ofereix ser el teu autoproduïdor energètic.

L'energia mini-eòlica pateix dèficit d'eficiència en entorns urbans a causa de la topografia, que crea vents turbulents⁶ i ralenteix la velocitat constant dels corrents d'aire. El problema del vent a les zones urbanes és la gran quantitat d'obstacles que suposen les edificacions, que contínuament intercepten els fluxos i provoquen que siguin discontinus, ratxejats i verticals. Els edificis aïllats obliguen a les masses d'aire a rodejar-los i es formen turbulències.

Un avantatge que poden suposar les zones urbanes són els edificis elevats on la velocitat del vent augmenta. Els aerogeneradors rendeixen més amb vents laminars forts, amb els fluxos en una sola direcció, però en tots els edificis alts el flux és turbulent. A mesura que el vent s'acosta a la vora d'una teulada o a una cantonada la separació del flux crea corrents inestables i complica la solució tècnica adient per aprofitar-ho.

L'article esmentat en el punt 3 de "El clima a les ciutats: Circulació atmosfèrica local" ens explicava que quant els corrents d'aire xoquen en els edificis alts es provoquen tornados, que provoquen un moviment de l'aire ascendent en espiral, alhora que s'acceleren per l'acumulació de corrents. Així doncs la implantació del meu dispositiu serà en cantonades o cares planes d'edificis alts, on és produeixi aquest efecte de succió del vent esmentat. Per tant, és una nova proposta d'implantació en el món dels miniaerogeneradors que respon en millorar l'eficiència dels mateixos.

L'objectiu és poder aprofitar aquestes acceleracions dels corrents amb un aerogenerador que sigui capaç de transformar aquesta potència desaprofitada en útil i constant per alimentar la nostra xarxa elèctrica o les seves corresponents bateries.

Les estadístiques afirmen que cada cop més viurem en ciutats i les energies renovables de cogeneració distribuïda són el futur més sostenible, per això millorar l'eficiència i l'estètica d'aquests dispositius acabarà sent essencial en la nostra societat.

⁶ Més informació a <http://www.somenergia.coop>

Proposo un nou concepte en mini-eòlica: a partir del vent turbulent, fins ara malgastat, convertir-lo en útil per millorar l'eficiència total d'aquests dispositius en entorns urbans.

Es tracta doncs, d'un aerogenerador de mini-eòlica concebut per ser capaç de:

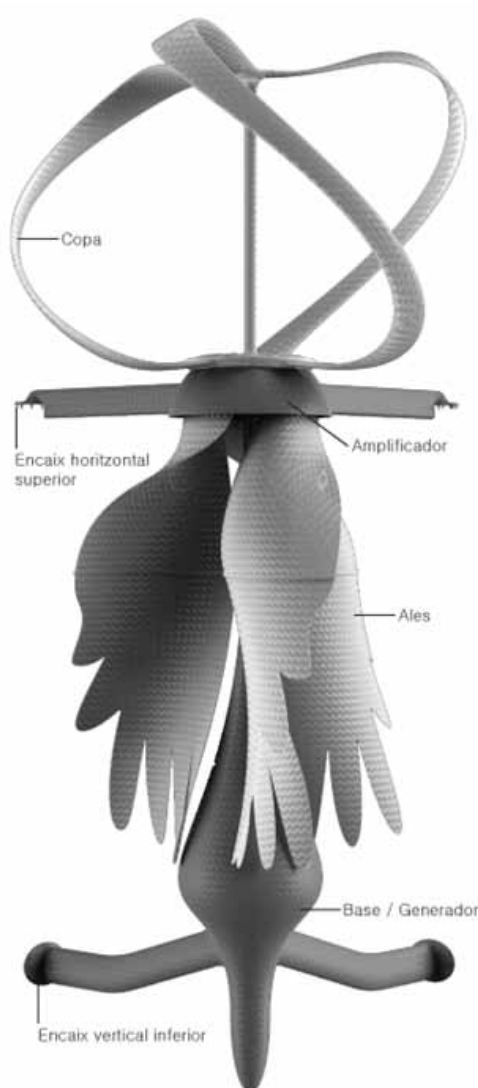
— Recol·lectar els corrents urbans turbulents: amb la Base i les Ales.

— Accelerar-los i mantenir una constància en el corrent eòlic: amb les Ales i l'Amplificador.

— Aquest corrent xoca provocant energia cinètica: amb l'Amplificador i la part inferior de la Copa, anomenada Ventilador, que està connectada al rotor o eix central.

— El corrent horitzontal que passa per sobre dels edificis és aprofitat: la Copa és un aerogenerador tipus Darrieus (punt 3.2.1), millorat per la recepció de vents verticals, connectat al mateix rotor i que està situat sempre per sobre dels edificis.

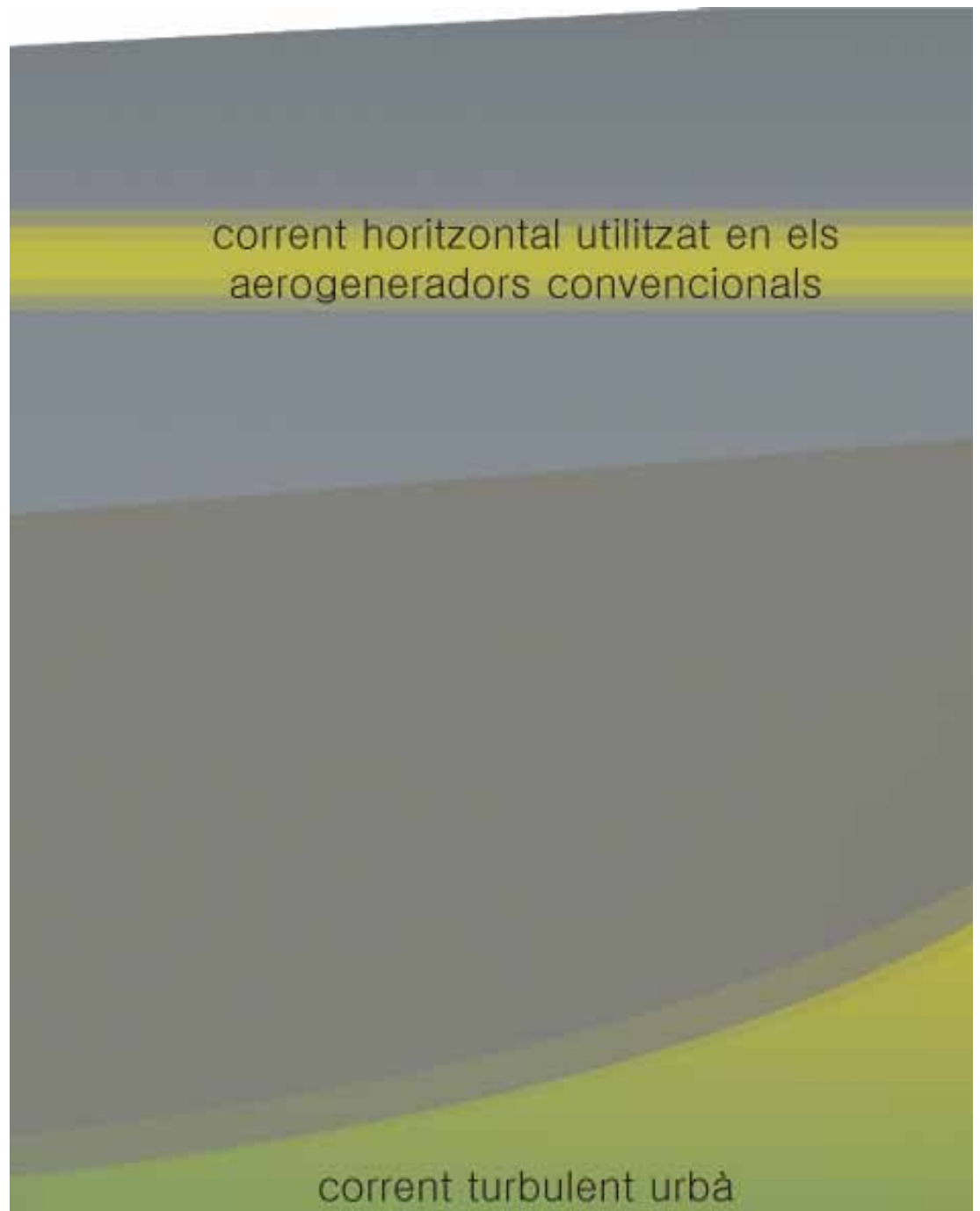
— El moviment cinètic es transforma en electricitat: el gir de la Copa amb el seu corresponent eix rotor està connectat al generador que conté la Base.

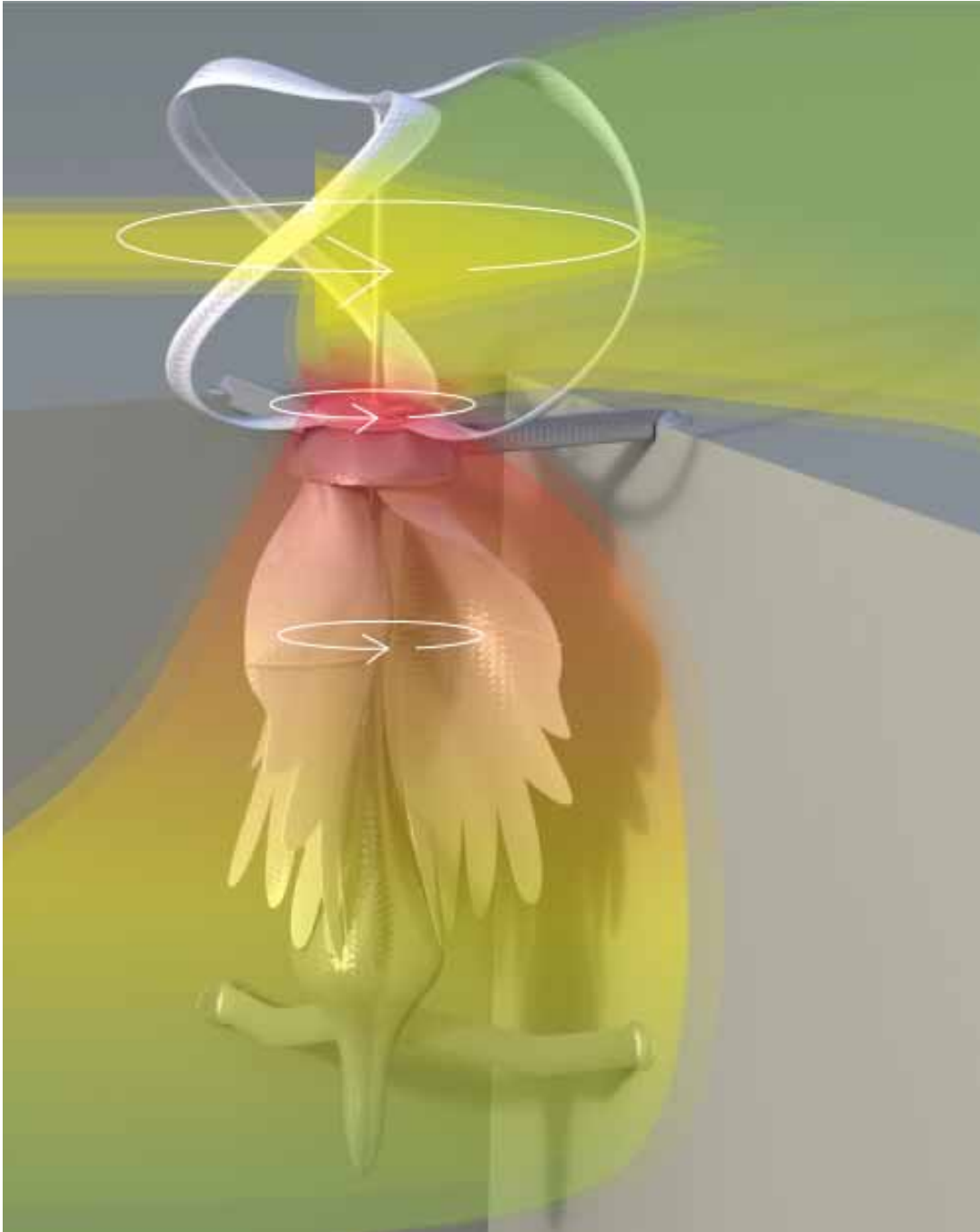


Per millorar l'estètica s'ha treballat amb formes orgàniques sempre relacionades amb una pertinència funcional, atorgant més rellevància al producte que esdevé un concepte de disseny únic i simbòlic.

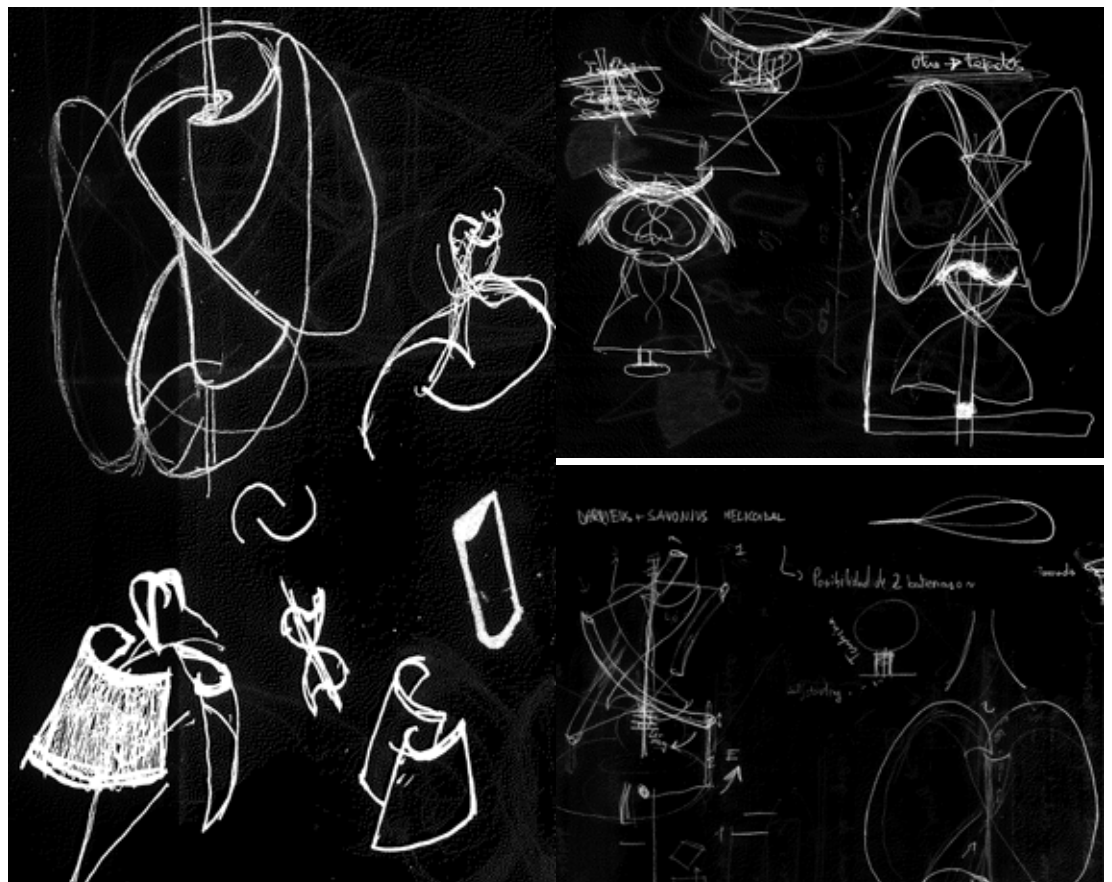
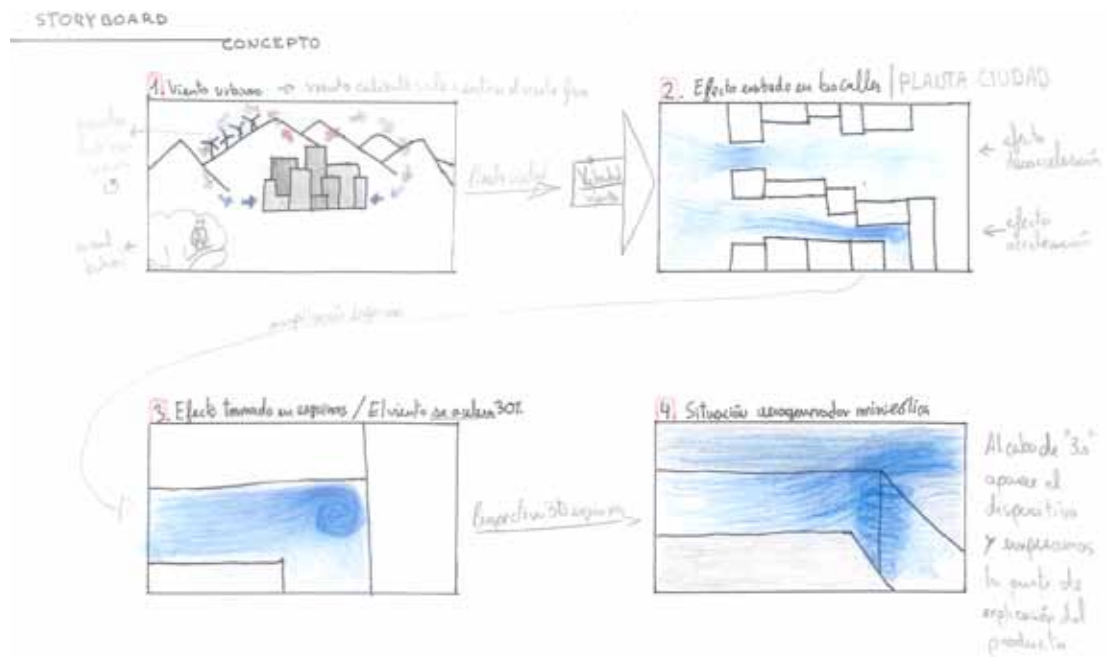
Per tant, es tracta d'un concepte de disseny innovador i coherent, que conté una pertinència funcional que en un futur pròxim podria respondre a una eficiència tècnica real, donada la necessitat econòmica de ser cada cop més autònoms energèticament.

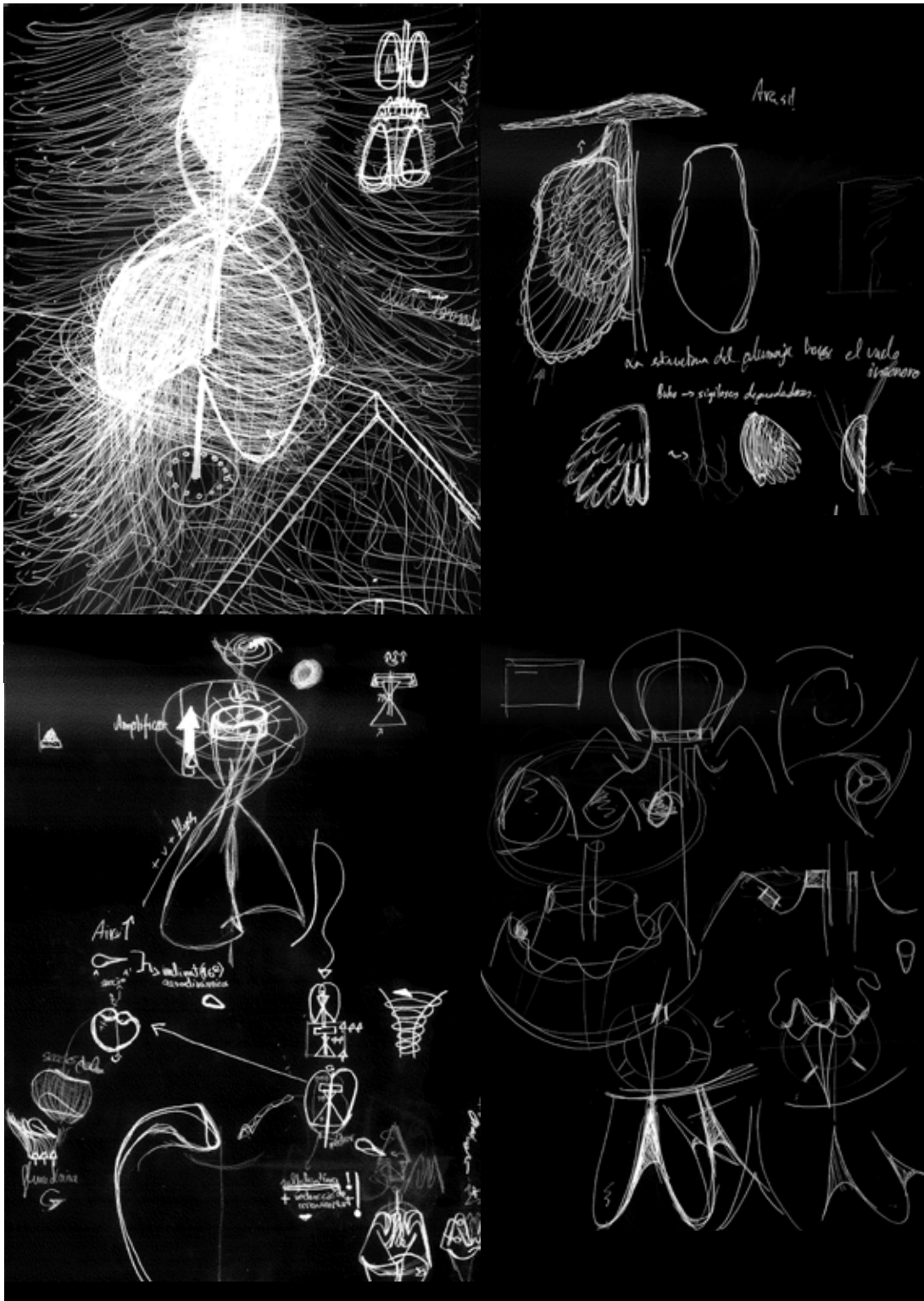
4.1 IDEA O VISIÓ DE DISSENY



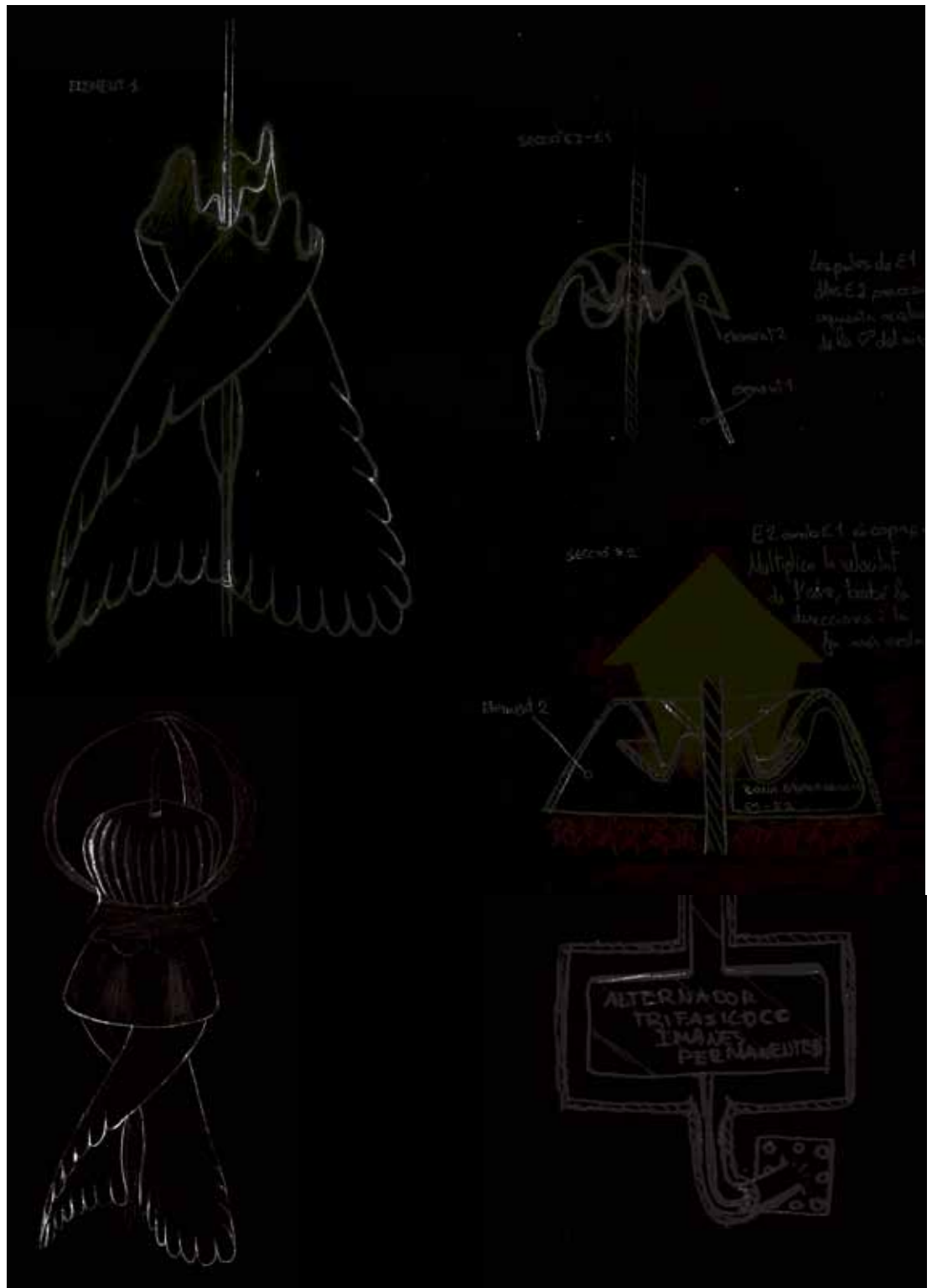


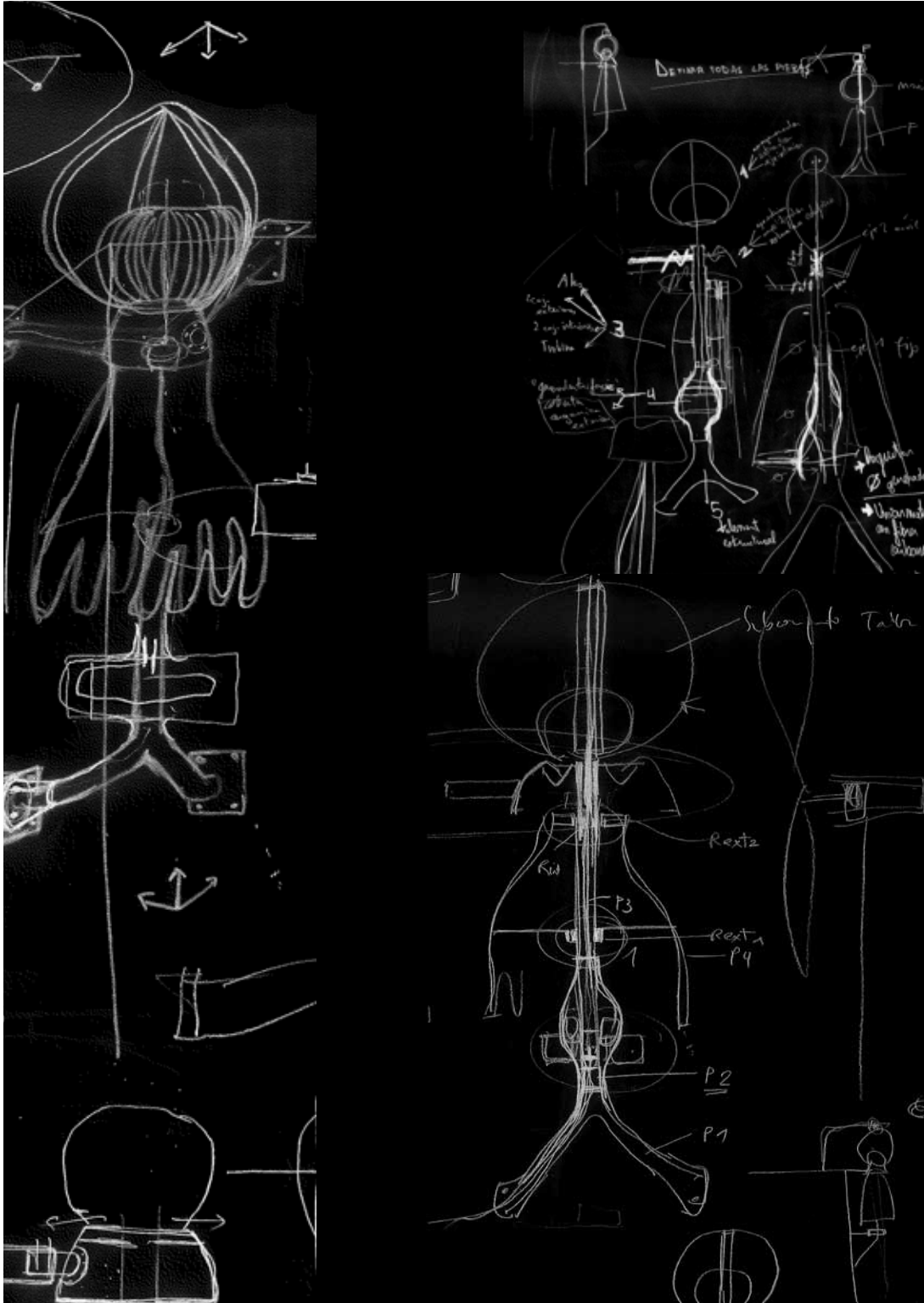
4.2 Procés de desenvolupament. Croquis





4.2 Procés de desenvolupament. Croquis





4.3 VIABILITAT

Amb aquest projecte obro un nou subsector en l'abastiment de l'eficiència mini-eòlica en ciutats, amb un disseny no convencional que exhibeix una idea innovadora vàlida segons la física i els experts en minieòlica NavitasParadigma S.L.

Sent conscient que per dur aquest projecte al mercat necessitaria col·laboracions d'enginyers de molts àmbits diferents: aeronàutic, mecànic, elèctric, etc. Per tal de poder arribar al millor resultat constructiu, el qual s'ha treballat des del principi amb el disseny per facilitar la inserció del concepte en la indústria.

Aquí en Espanya van treure les subvencions energètiques donat la forta crisi econòmica, però alhora és un sector en expansió en la mentalitat dels ciutadans de tot el món.

En altres països ja s'està desenvolupant i en un futur pròxim s'incrementarà la demanda, esperem que aquestes tendències energètiques sostenibles s'imposin però per això s'han de fer dissenys amb més caràcter estètic i més eficiència, alhora que s'han d'anar actualitzant i incentivant les normatives energètiques sostenibles.

La realització del projecte en quant a costos seria un procés car, perquè requereix d'una mà d'obra especialitzada, donat el material òptim de construcció per assegurar el mínim manteniment anual.

Per tant és un projecte que obre un nou àmbit d'investigació dins de la minieòlica, que proporciona una nova manera d'aprofitar els vents de la ciutat per crear energia, produint un resultat més eficient que els convencionals. És a dir, podria ajudar a millorar aquests dispositius i fer-los realment útils eficientment en un futur pròxim. També el tractament de l'estètica des del disseny de producte dona un valor afegit i provoca que la societat s'animi per fer-se autosustentable energèticament.

Les relacions que provoquen els aerogeneradors de mini-eòlica en el seu entorn és molt diferent segons la cultura del país. En Estats Units i Regne Unit l'abundància del recurs eòlic, un elevat nivell de conscienciació i la forta dependència de les importacions de petroli, han impulsat polítiques públiques de promoció de l'energia mini-eòlica en entorns residencials. En el cas del Regne Unit, la introducció a l'abril de 2010 del Microgeneration Certification Scheme (MCS) va suposar un revulsiu per a la minieòlica en un país que actualment compta amb 14.000 miniaerogeneradors en funcionament, amb una potència instal·lada de 80MW, així com uns 20 fabricants d'equips, gracies a una política retributiva específica per microgeneradors. Les condicions regulatòries, així com l'abundant recurs eòlic, asseguren un creixement continu del sector en els propers anys. A més de forma adicional a les primes, existeixen ajuts per al desenvolupament de projectes, tals com el Low Carbon Buildings Programme, que poden arribar a cobrir fins el 50% de la inversió inicial.

Els Estats Units d'Amèrica, es calcula que hi ha desplegats més de 60.000 aerogeneradors de petites dimensions, que suposen una potencia acumulada de més de 100MW. És el país amb més fabricants, aproximadament 95. El marc regulatori varia en funció de l'estat, en Califòrnia és un dels més representatius i pioners en energies renovables.

La política energètica a Califòrnia es caracteritza per un recolzament a les energies renovables, la generació a petita escala i l'autoconsum, amb programes innovadors com el Net Metering (medició neta), el Renewable Energy Credits i l'Emerging Renewables Programm, orientats a possibilitar una retribució i un suport financer adequats per al desplegament de la tecnologia.

Aquest projecte té una viabilitat futura donat que només estaria resolta la part de disseny amb el nou concepte, per portar-lo a indústria faria falta col·laboracions de gent professional del sector que l'hi dediquessin el seu temps i coneixement per continuar millorant el producte amb programes de fluids dinàmics i altres mètodes de testeig de prova i error.

4.4 IMATGES FOTOREALÍSTIQUES





Imatge fotorealística horitzontal

4.4 IMATGES FOTOREALÍSTIQUES





5. MEMÒRIA PRODUCTIVA

5.1 MATERIALS

Un dels aspectes més importants en el disseny d'aerogeneradors és l'elecció dels materials emprats en la seva fabricació. Una elecció adequada d'aquests materials és vital ja que les propietats estructurals i la vida útil de les pales depèn en gran mesura dels materials utilitzats. El material del que es componen les pales és un aspecte molt important ja que aquest deu respondre a freqüents variacions en la velocitat del vent. Per això el material de les pales idoni hauria de ser: lleuger, no deformable, resistent a la fatiga mecànica, resistent a l'erosió i a la corrosió, econòmic.

Per satisfer aquestes premisses hi ha diverses alternatives possibles per a la fabricació de les pales, històricament s'han utilitzat 4 tipus de materials en mini-eòlica:

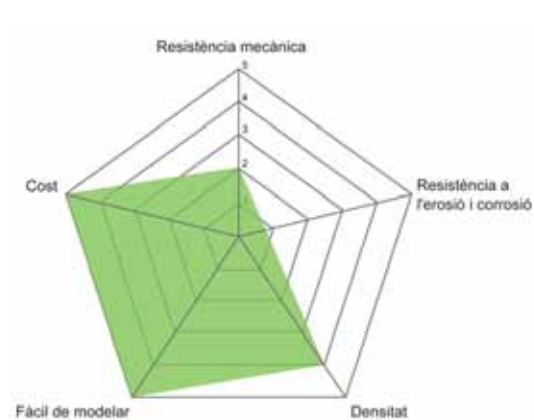
MATERIAL	PROS	CONTRES
FUSTA	Baixa densitat Mecanitzat fàcil Baix cost	Propietats mecàniques Absorcions d'aigua Irregularitats estructurals
ACER	Resistència Tenacitat	Elevada densitat Facilitat de corrosió
ALUMINI	Baixa densitat Resistència a la corrosió.	Baix densitat a la fatiga
MATERIALS COMPOSTOS (polièsters reforçats amb fibres)	Propietats estructurals Resistència a la fatiga Resistència a la fatiga Baixa densitat Baixa conductivitat Resistència a la corrosió	Fabricació/preu

Font taula: Consultat amb Navitas Paradigma S.L., (experts en mini-eòlica).

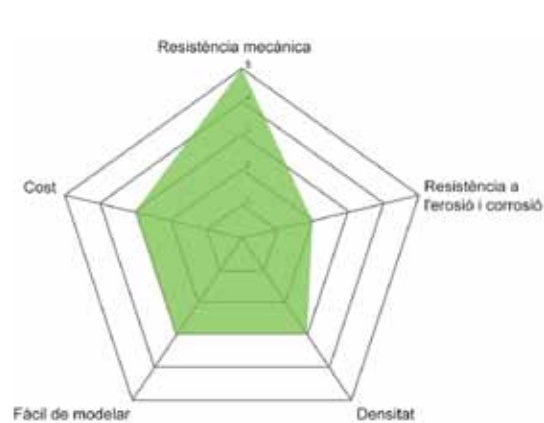
Tenint en compte les característiques anteriors es procedeix a fer una selecció del material a partir de les premisses següents puntuades de l'1 al 5:

- Resistència mecànica
- Densitat
- Resistència a l'erosió i corrosió
- Cost
- Fàcil de modelar

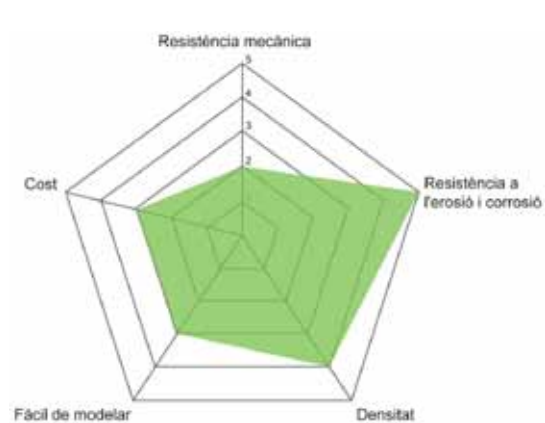
Gràfic material FUSTA



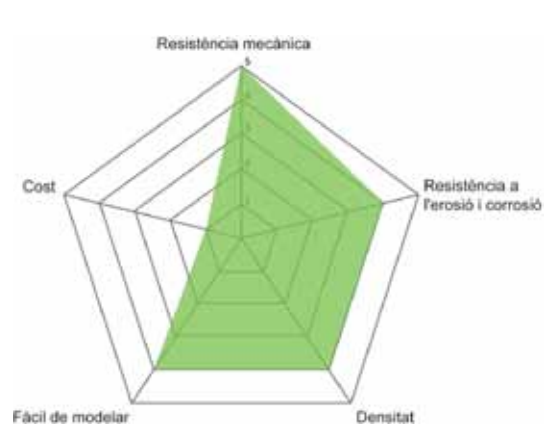
Gràfic material ACER



Gràfic material ALUMINI



Gràfic material POLÍMER + FIBRA

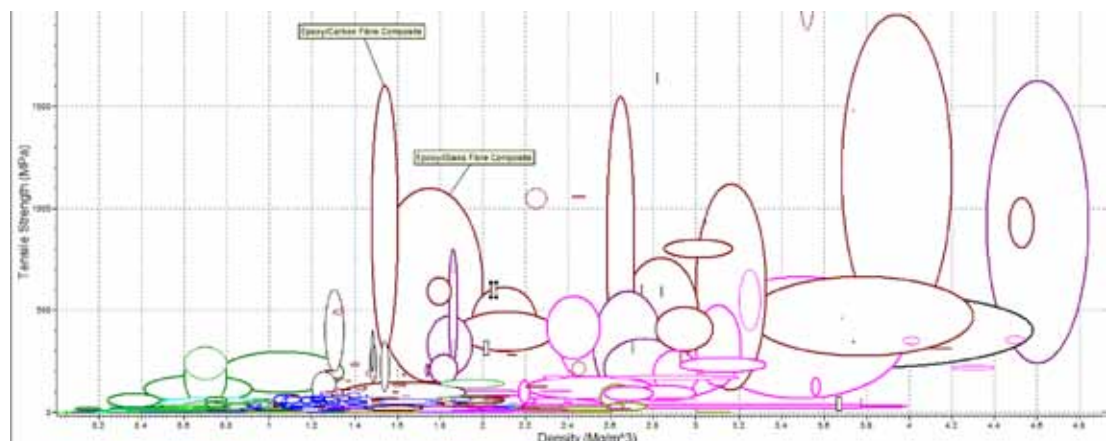


5.1 MATERIALS

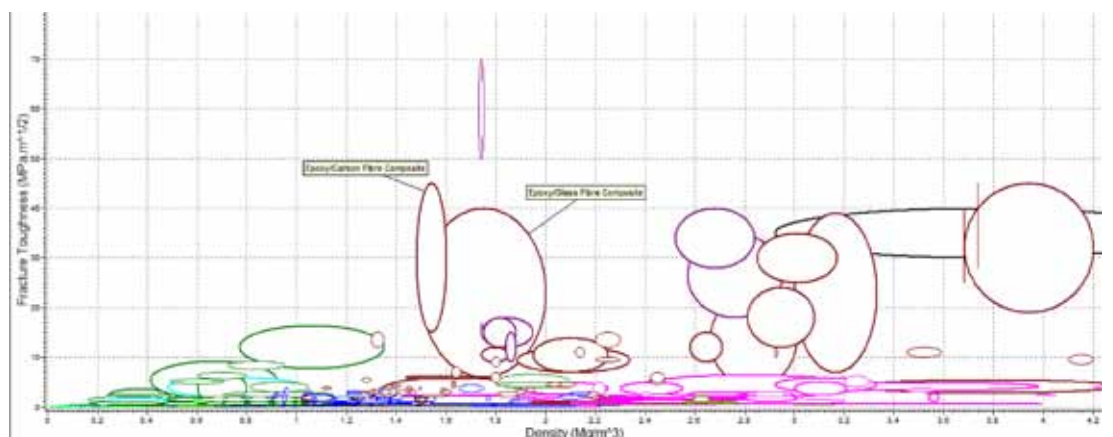
Donat que el projecte és de caire conceptual i no està relacionat amb la inserció directe del producte en el mercat, proposo el material més fiable i recomanat pel seu èxit en diferents àmbits incloent els aerogeneradors, és a dir, el polímer reforçat amb fibra.

Per escollir quina és la fibra més adient, es van observar aquests gràfics del software CES SELECTOR (CAMBRIDGE ENGINEERING SELECTOR) v3.1, que determina quin és el millor material per les prestacions que l'hi demanes:

Gràfic Tensile Strength /Density; observem la resistència a la tracció dels materials respecte a la seva densitat. Els esforços de tracció són constants en un aerogenerador, donat la força del vent, i per això es necessita un material capaç de suportar aquests esforços i alhora ser poc dens per ajudar al moviment cinètic de l'aparell.



Gràfic Fracture Toughness /Density; observem la tenacitat a la fractura dels materials respecte a la seva densitat. El material que menys pes conté i és més resistent a fractures són la fibra de carboni i la de vidre. La fibra de carboni pot arribar a pressions més altes i és menys densa, per tant, és el millor material per implantacions aeronàutiques.

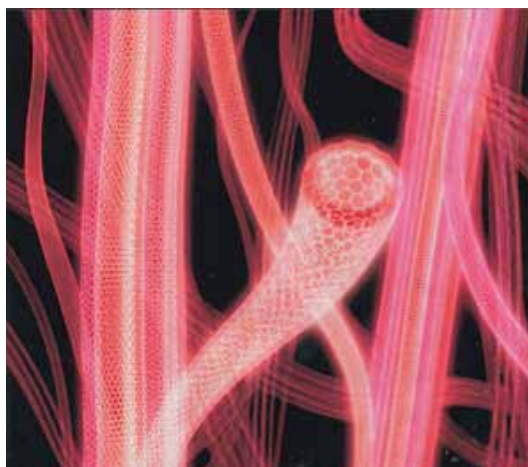


Per tant, donat aquest criteris més específics, serà un polímer de matriu Epoxy reforçat amb fibra de carboni.

5.2 TECNOLOGIA

5.2.1 Composite: Epoxy + Fibra de Carbono

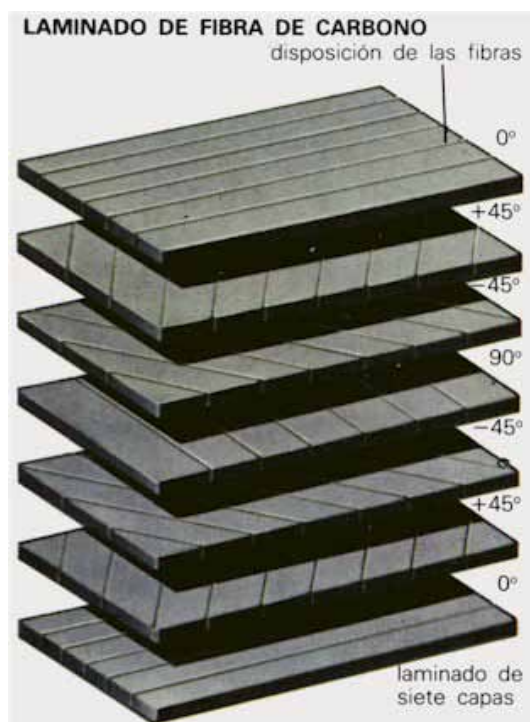
La tecnologia de la fibra de carboni és lenta i precisa. La nanoestructura de la fibra de carboni és el que atorga aquestes grans propietats estructurals. Es tractada gairebé de forma artesanal pels seus especialistes, per tant és un procés, avui en dia, encara molt costós, però que en un futur dependrà del seu augment de demanda y de la possibilitat molt futura de impressió 3D amb materials de fibra de carboni (un exemple de materials resistents impresos en 3D és el titani que en l'actualitat ja ho han aconseguit).



Imatge 32: nanoestructura fibra de carboni.

El numero de capes de fibra de carboni i la manera en la que estan disposades determina la seva resistència estructural a esforços a tracció del material. He escollit ritme de composició de capes de la imatge 43 perquè igual que en un contraxapat de fusta la direcció fa que resisteixi esforços a tracció. Aquesta composició s'aplicarà per donar el meu gruix escollit a les peçes, el numero de capes doncs aniria variant depenen el gruix de la peça, contant amb el gruix del Epoxy. Epoxy es el aglutinant més resistent i lleuger utilitzat en la fibra de carboni actualment.

Per donar-li més estètica i resistència el producte final, l'última capa sempre serà lo més vertical possible, perquè tota la trama mantingui la major constància possible, així com també la ultima capa rebrà un tractament superficial especial molt fi per evitar possibles concentracions de tensions molt perjudicials en esforços de tracció.



Imatge 33: Ritme de composició capes fibra de carboni.



Imatge 34: detall refinament fibra de carboni.

5.2 TECNOLOGIA

Uns exemples aconseguits amb aquesta tecnologia artesanalment e industrialment:

Els esquís Hublot All Black estan signats per l'exclusiva marca suïssa Zai i estan fabricats artesanalment amb tecnologia punta per poder ser els esquís més exclusius del món.

Imatge 35: esquís Hublot All Black.

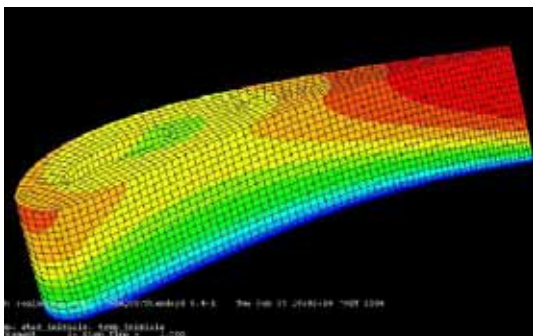


Imatge 36: detall refinament artesanal.



Un exemple de producció industrial de pales d'un aerogenerador de gran escala amb la corresponen modelització de fatiga de la pala.

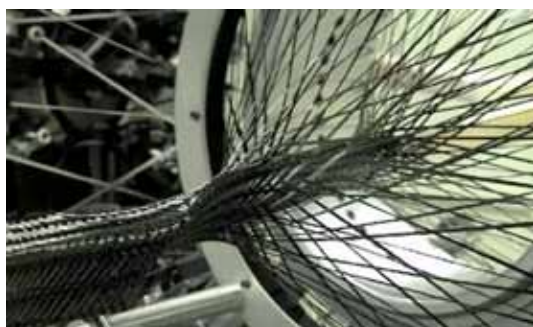
Imatge 37: 3D fatiga de pala.



Imatge 38: detall refinament artesanal.



Imatge 39: Trenat fibres de carboni.



Tecnologia de trenat de fibres de carboni amb la qual es realitzarien tot els eixos de l'aerogenerador per obtenir més resistència als esforços de tracció, amb el seu aglutinant Epoxy per un bon procés de cristal·lització.

Un cop produït el aerogenerador els requisits que han de complir les peces perquè tot estigui correcte són:

- 1) Tenir una resistència estructural adequada a les condicions de treball a les quals va a ser sotmesa.
- 2) Resistència a fatiga (en particular a tensions alternes degudes a vibracions).
- 3) Rigidesa.
- 4) Pes baix.
- 5) Facilitat de fabricació.
- 6) Resistència a agents mediambientals (erosió, corrosió)

Els assajos necessaris al qual són sotmeses les peces del aerogenerador després de ser produït són:

- 1) Test a estàtica: les pales són sotmeses a càrregues extremes durant un temps predeterminat (10-15s), per provar la seva resistència al trencament: són flexionades en dues adreces (flapwise & edgewise) utilitzant un cicle proper a la freqüència natural de la pala en cada adreça.
- 2) Test dinàmic: se sotmet a la pala a oscil·lacions corresponents amb la seva freqüència natural: cinc milions de cicles respecte dels dos eixos principals. Durant les proves una càmera d'infrarojos d'alta resolució s'usa per observar si hi ha petits trencaments en el laminatge de la pala i es registren les mesures de deformació procedents de deformacions col·locades sobre la superfície de la pala.
- 3) Test de trencament: quan s'usa un nou material o s'ha realitzat un canvi significatiu en el disseny de la pala, es realitza addicionalment un test de trencament, que no és més que portar el test estàtic al cas extrem, aplicant una càrrega estàtica creixent en valor fins a aconseguir que la pala trenqui, realitzant les anàlisis posteriors de la superfície de fractura.
- 4) Inspecció amb infrarojos (Termografia) s'utilitza per revelar un augment de calor local en la pala. Això pot indicar:
 - a) Un àrea amb humitejament estructural.
 - b) Un àrea de laminació que s'està movent cap al punt de trencament de les fibres.

5.2 TECNOLOGIA

BMW aposta per aquest material i tecnologia defensant el llarg cicle de vida que dels productes, l'estètica atractiva i les qualitats estructurals.

Imatge 40: sostenibilitat fibra de carboni-BMW.

Imatge 41: Cotxe BMW fabricació d'algunes peces amb fibra de carboni.



Imatge 42: Reutilització i reciclatge fibra de carboni.



La fibra de carboni es casi 100% reutilitzable, El potencial de reciclat d'aquest producte és interessant i per això companyies grans i petites busquen reutilitzar aquest "or" mitjançant processos compatibles amb el medi ambient. No obstant això, el desenvolupament de l'indústria de reciclat de materials compostos està en la seva infància, i els processos dissenyats fins ara són costosos i complicats principalment per tractar-se de materials d'enginyeria d'alt rendiment. Per altre banda, el reciclatge de fibra de carboni de restes de compostos aeroespacials té tant beneficis ambientals com a comercials.

"El canvi de l'escala pilot a operacions industrials està progressant. Amb uns residus benvoluts en 3.000 tones de residus de compostos de fibra de carboni són generats solament en USA i Europa. Fins a 2030 s'espera que es desmantellin entre 6.000 i 8.000 avions comercials, i la producció de fibra de carboni verge (VCF) s'eleva a 100 000 tones anualment en 2018."

5.2.2 Generador

La conversió de l'energia mecànica, disponible en l'eix del rotor del aerogenerador, en energia elèctrica es realitza mitjançant un generador elèctric.

Actualment, el generador més habitual per a aplicacions d'energia eòlica de petita escala és el generador de corrent altern síncron d'imants permanents, el qual no necessita un corrent extern d'excitació per el seu funcionament, ja que es basa en la interacció entre els conductors o espises en repòs de l'estator i els imants permanents del rotor (habitualment de neodimi).

És a dir que la part externa i estàtica és l'estator, i la part cinètica i mecànica és el rotor amb els seus corresponents imans. Aquest corrent altern pot anar directament a la xarxa elèctrica si estàs donat d'alta com a generador o bé en bateries.

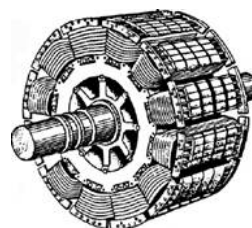
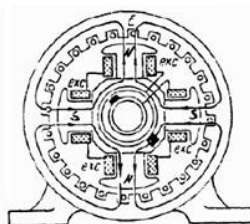


Figura 9 i 10: Generador Corrent Altern Síncron d'Imants permanents.

En els generadors la potència generada i consumida correspon a valors instantanis, que canvia constantment al llarg del temps i es mesura en KW. En canvi, l'energia generada i consumida respon a valors acumulats al llarg d'un període de temps i es mesura en KW/h.

Per tant, el paràmetre al qual cal prestar atenció és el de l'energia, que va directament relacionada amb les r.p.m. constants del rotor amb l'estator, és a dir, de la velocitat del vent mitjana de l'emplaçament.

De poc serveix un sistema que proporcioni una gran potència durant períodes limitats de temps, si al final de l'any només ha satisfet una part molt petita de les necessitats energètiques.

El generador escollit per la implantació té una potència per arribar a convertir 800W, donat que els generadors amb baixes potències nominals (màxima potència) provoquen energia elèctrica a baixes velocitats de vent i és aquesta característica la que interessa donat que estem a la ciutat i rebem corrents amb poca velocitat.

La potència del generador ve directament relacionada amb la àrea del aerogenerador i les velocitats del vent.

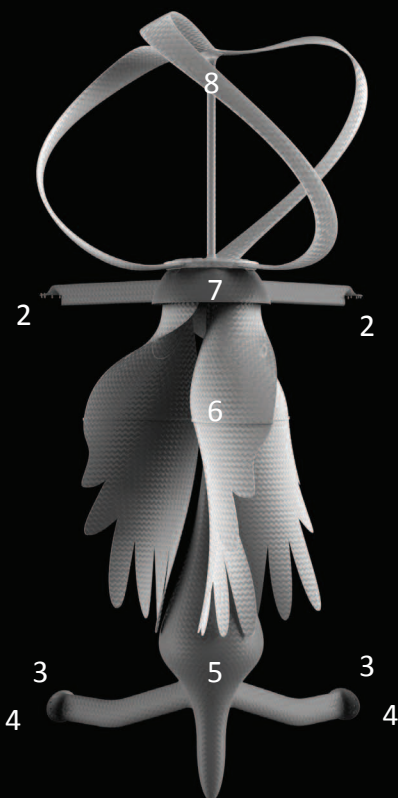
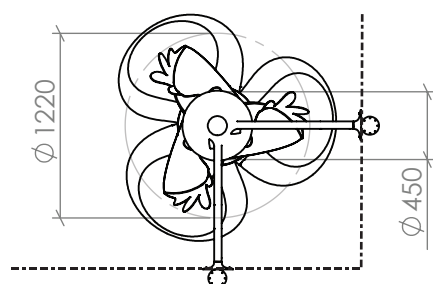
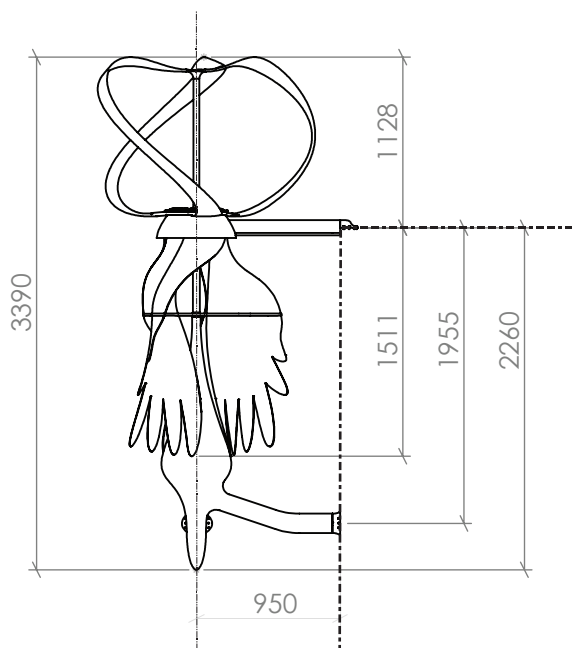
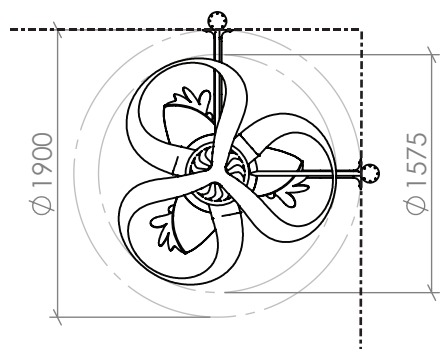
Potència específica = $a^2 \cdot v^3$



Imatge 43: Generador 6kw síncron imants permanents.

5.3 DOCUMENTACIÓ TÈCNICA. PLÀNOLS

Aquest plànols contenen cotes de màxima, ja que per la seva fabricació seria necessari l'arxiu del model en .STL, per tant aquest plànols responen a una proposta conceptual.



NOM

REFERENCIA

1.- CONJUNT S'ENLAIRE

S'E_1

2.- ENCAIX SUPERIOR

ES_2

3.- ENCAIX INFERIOR PARET 0º

EI_0_3

4.- ENCAIX INFERIOR PARET 90º

EI_90_4

5.- BASE

B_5

6.- ALES TURBINA

ALT_6

7.- AMPLIFICADOR

AM_7

8.- COPA

C_8

COTES EXPRESADES
EN MM

ESCALA:
1/50

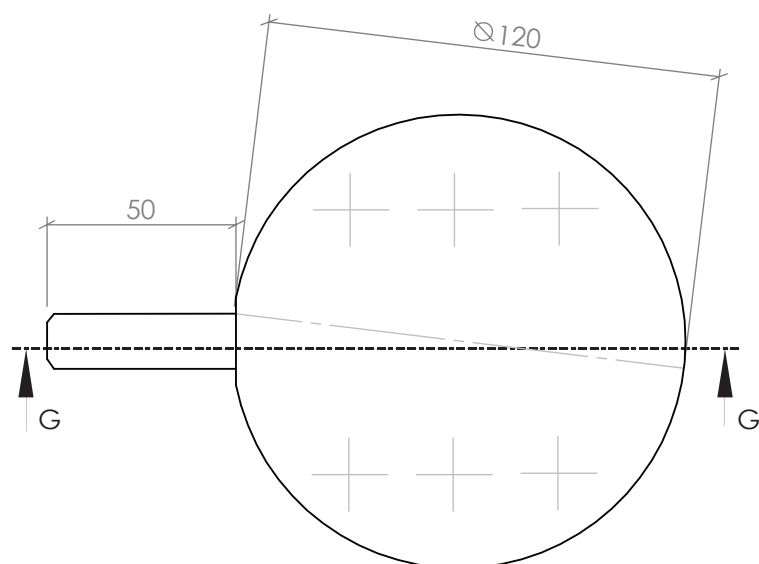
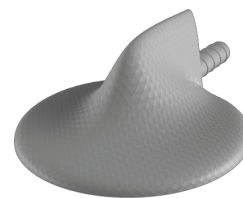
NOM DE LA PEÇA: S'ENLAIRA
OBSERVACIONS: ALÇAT, PLANTA I SUBPLANTA
VISIÓ GENERAL AEROGENERADOR MINIEÒLICA

COTES DE MÀXIMA
+ CD AMB MODELAT

MATERIAL:
COMPOSITE E-POXY +
FIBRA DE CARBONO

REFERÈNCIA: S'E_1

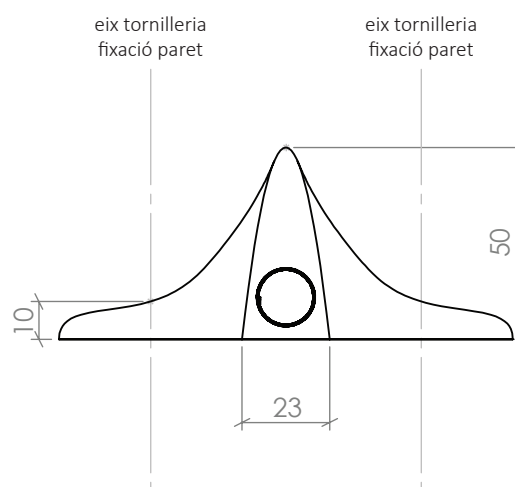
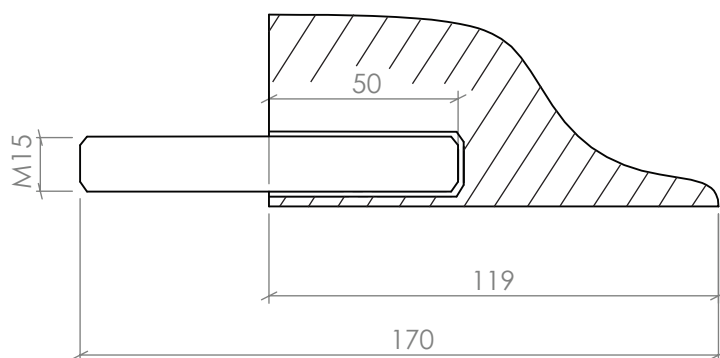
PLÀNOL 1/8



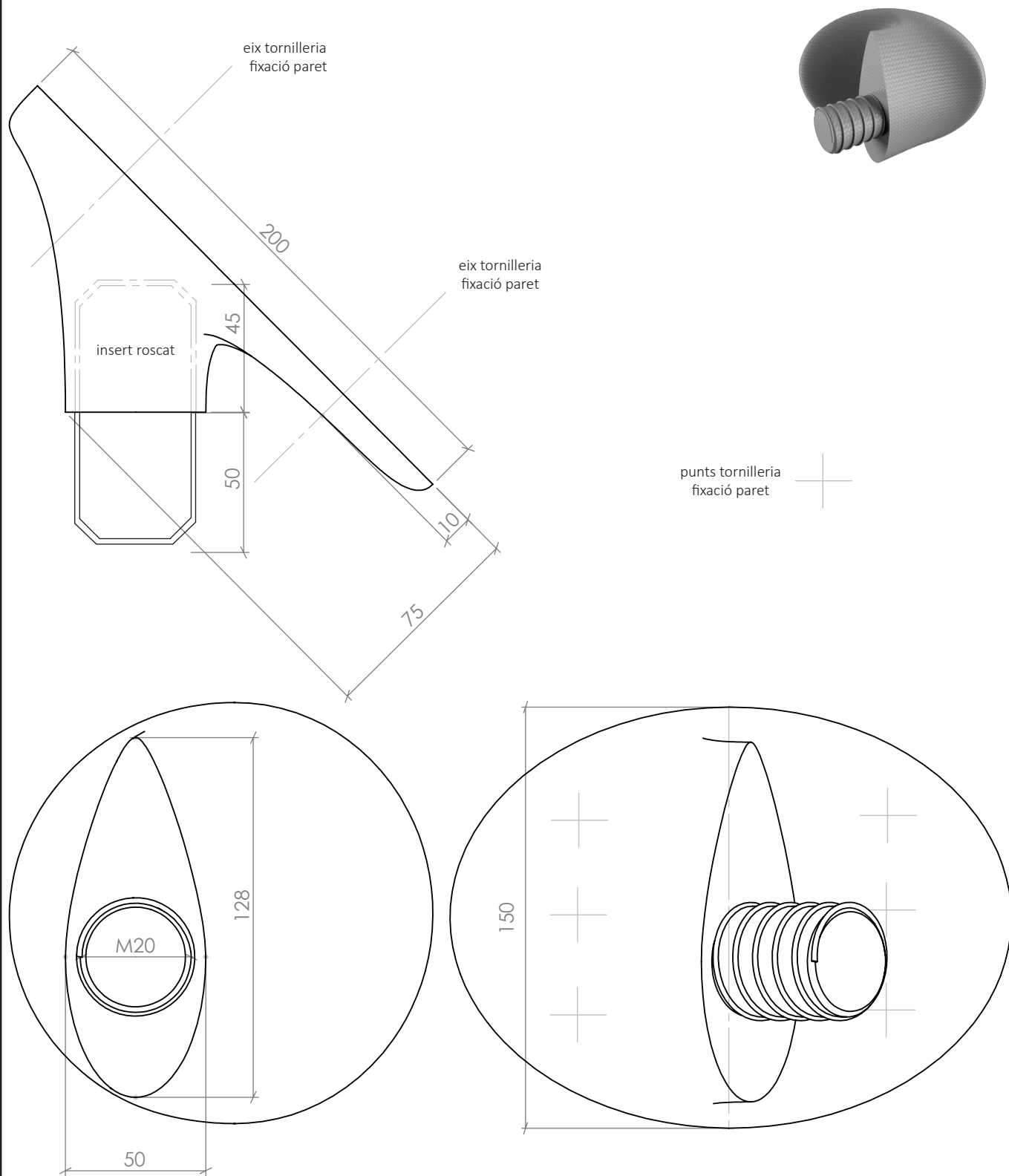
punts tornilleria
fixació paret



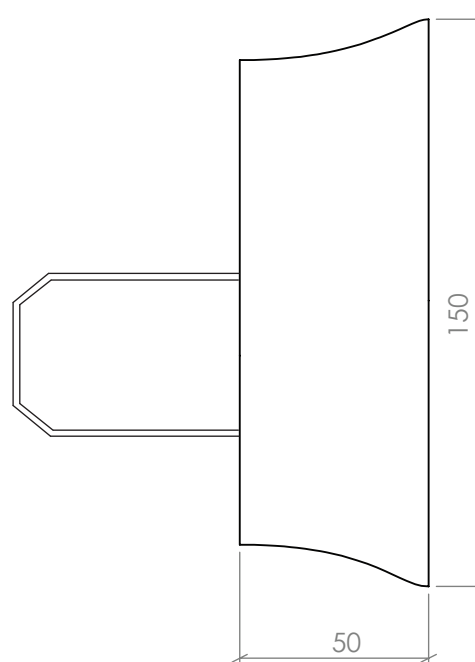
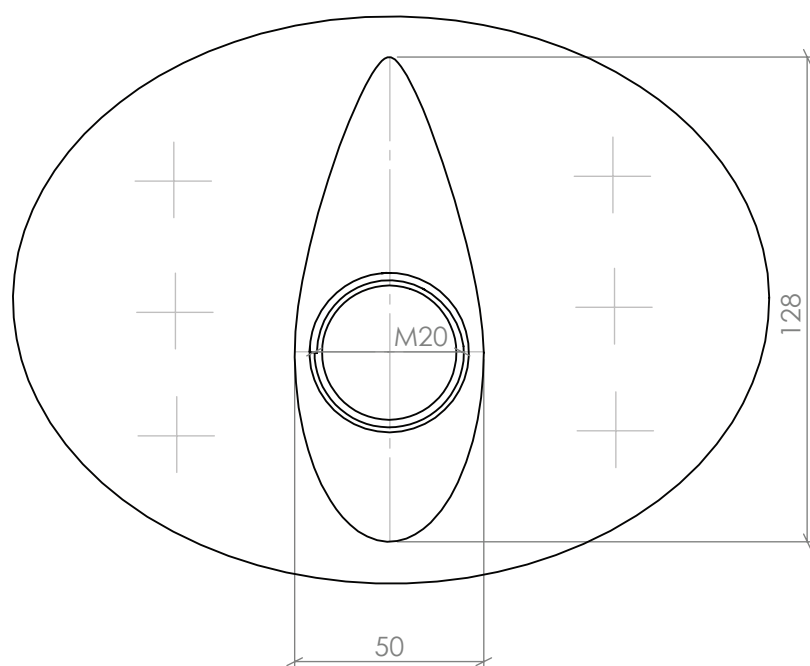
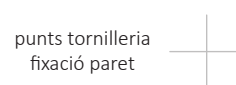
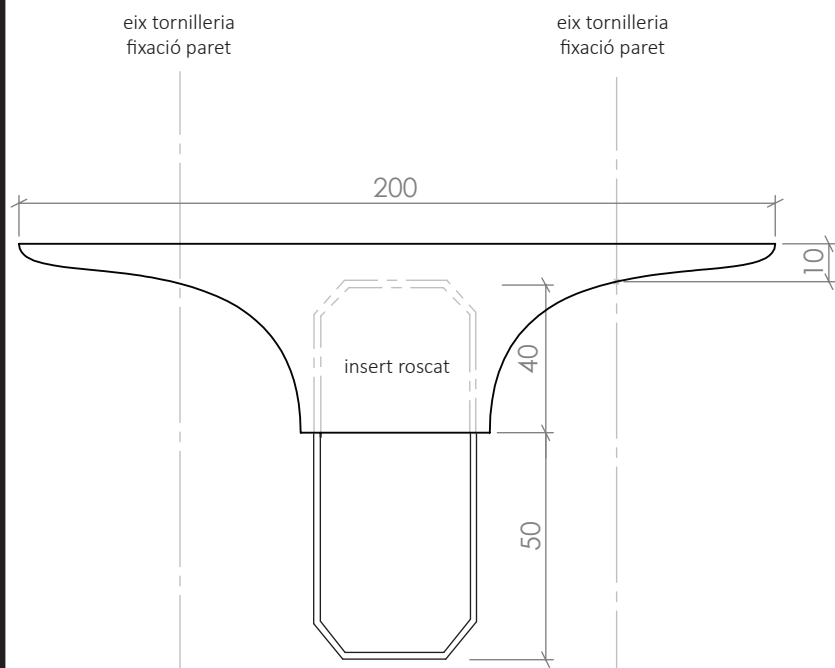
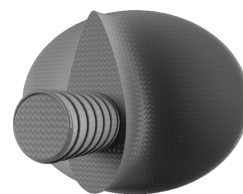
SECCIÓ G-G



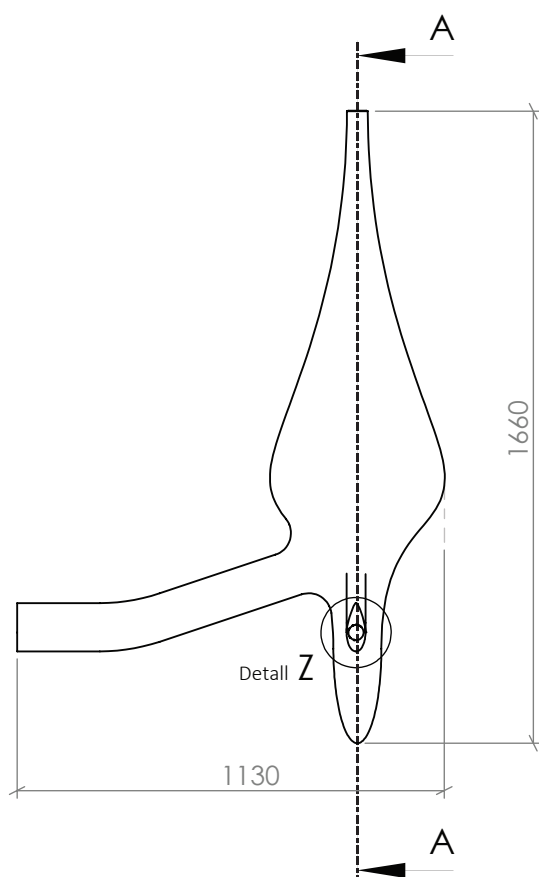
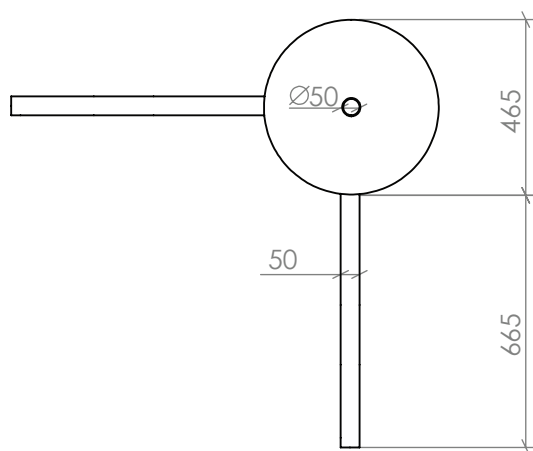
COTES EXPRESSADES EN MM	ESCALA: 1/2	NOM DE LA PEÇA: ENCAIX SUPERIOR OBSERVACIONS: SECCIÓ ALÇAT, PLANTA I PERFIL INSERT ROSCAT M15 ATORNILLAT A LA PARET AMB VOLANDERA NEOPRÈ	
COTES DE MÀXIMA + CD AMB MODELAT	MATERIAL: COMPOSITE E-POXY + FIBRA DE CARBONO	REFERÈNCIA: ES_2	PLÀNOL 2/8



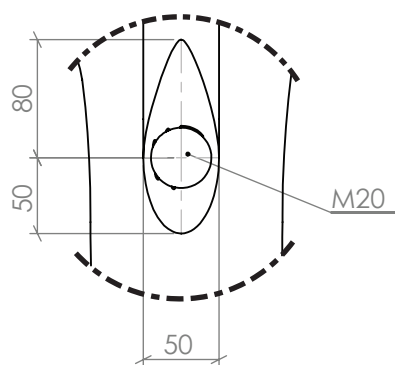
COTES EXPRESSADES EN MM	ESCALA: 1/2	NOM DE LA PEÇA: ENCAIX INFERIOR PARET 0º OBSERVACIONS: ALÇAT, PLANTA I ALÇAT DES DE PARET (VM) INSERT ROSCAT M20 ATORNILLAT A LA PARET AMB VOLANDERA NEOPRÈ
COTES DE MÀXIMA + CD AMB MODELAT	MATERIAL: COMPOSITE E-POXY + FIBRA DE CARBONO	REFERÈNCIA: EI_0_3



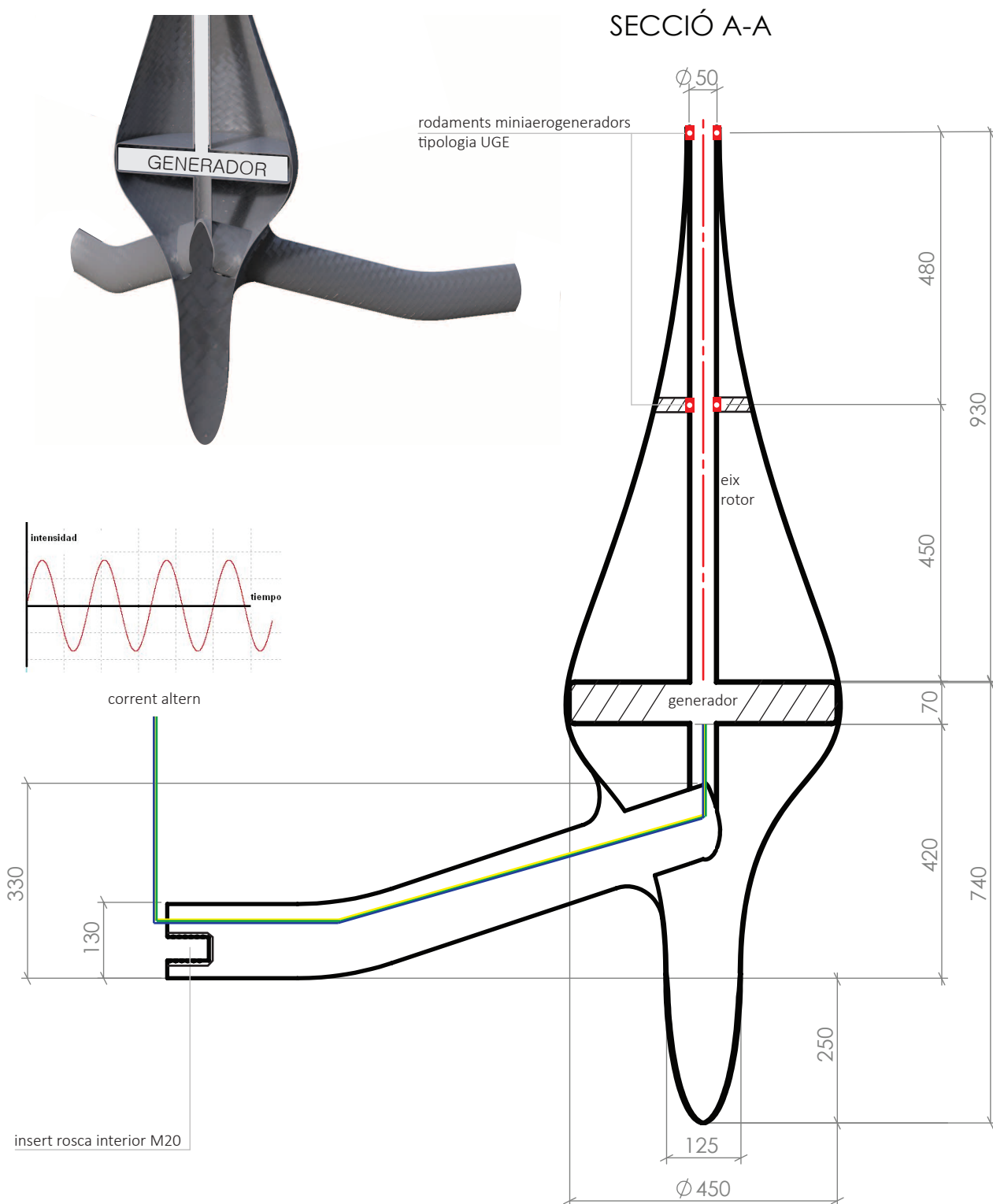
COTES EXPRESSADES EN MM	ESCALA: 1/2	NOM DE LA PEÇA: ENCAIX INFERIOR PARET 90º OBSERVACIONS: ALÇAT, PLANTA I PERFIL INSERT ROSCAT M20 ATORNILLAT A LA PARET AMB VOLANDERA NEOPRÈ
COTES DE MÀXIMA + CD AMB MODELAT	MATERIAL: COMPOSITE E-POXY + FIBRA DE CARBONO	REFERÈNCIA: EI_90_4
PLÀNOL 4/8		



DETALL Z
ESCALA 1 : 5

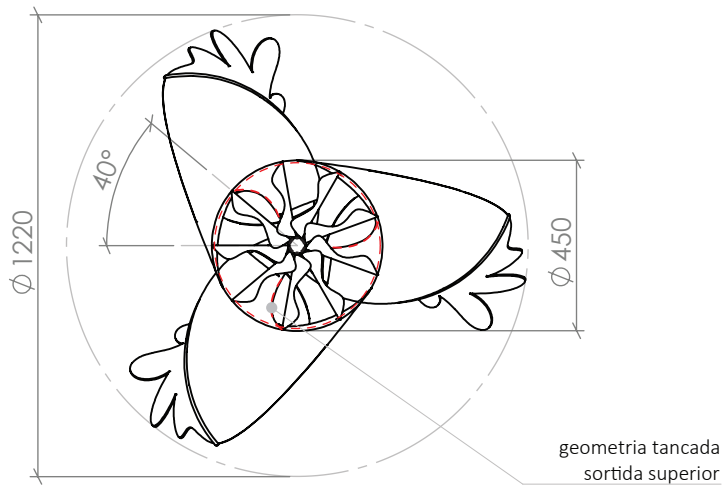


COTES EXPRESSADES EN MM	ESCALA: 1/20	NOM DE LA PEÇA: BASE OBSERVACIONS: ALÇAT, PLANTA I DETALL Z DOS ROSQUES INTERIORS PER INSERT ROSCAT M20
COTES DE MÀXIMA + CD AMB MODELAT	MATERIAL: COMPOSITE E-POXY + FIBRA DE CARBONO	REFERÈNCIA: B_5 PLÀNOL 5.1/8



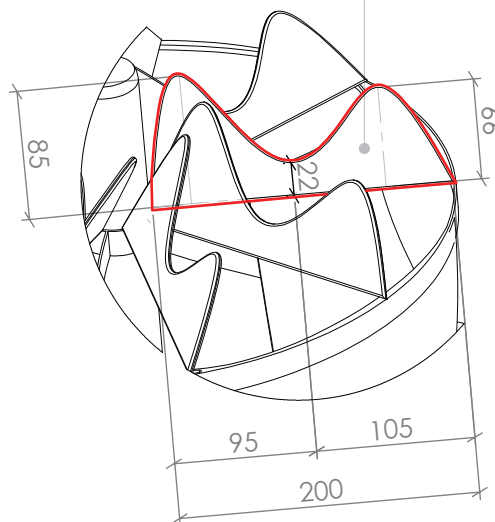
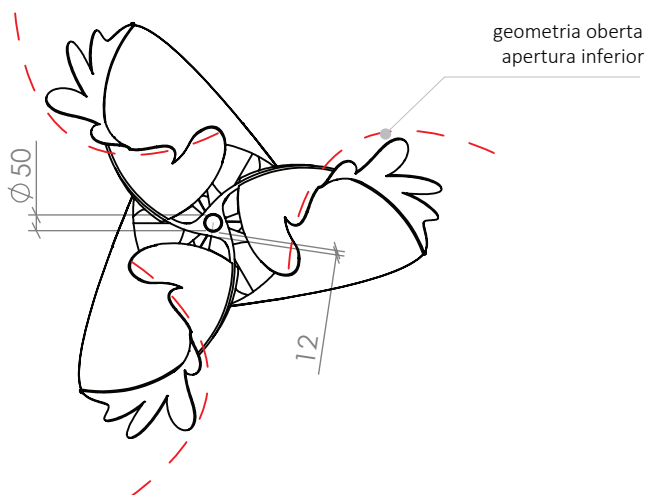
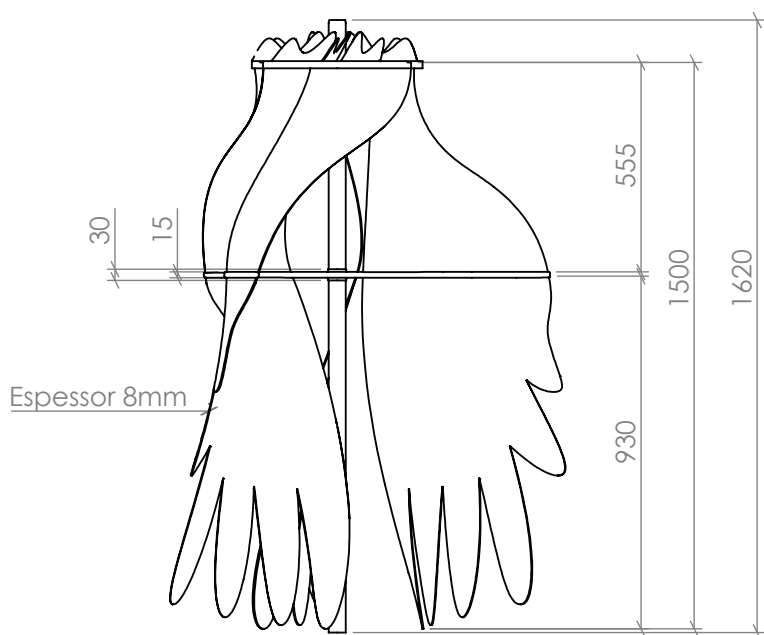
COTES EXPRESSADES EN MM	ESCALA: 1/10	NOM DE LA PEÇA: BASE OBSERVACIONS: SECCIÓ A-A AMB SITUACIÓ RODAMENTS CONTÉ GENERADOR DE CORRENT ALTERN SÍNCRON D'IMANTS PERMANENTS DE 800W DE POTENCIA I Ø435MM
COTES DE MÀXIMA + CD AMB MODELAT	MATERIAL: COMPOSITE E-POXY + FIBRA DE CARBONO	REFERÈNCIA: B_5

PLÀNOL 5.2/8



DETALL R
ESCALA 1 : 5

9 pales turbina 1 cada 40º, gruix 5mm
geometria en verdadera magnitud



COTES EXPRESSADES
EN MM

ESCALA:
1/20

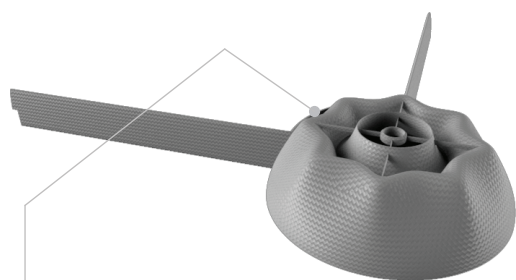
NOM DE LA PEÇA: ALES TURBINA
OBSERVACIONS: ALÇAT, PLANTA, PLANTA INF. I DETALL R V.M.
ES COL·LOCA EN L'INTERIOR DE B_1 FINS L'ESTRUCTURA
CENTRAL UNIDA AMB UN RODAMENT

COTES DE MÀXIMA
+ CD AMB MODELAT

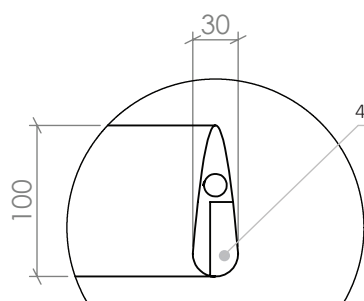
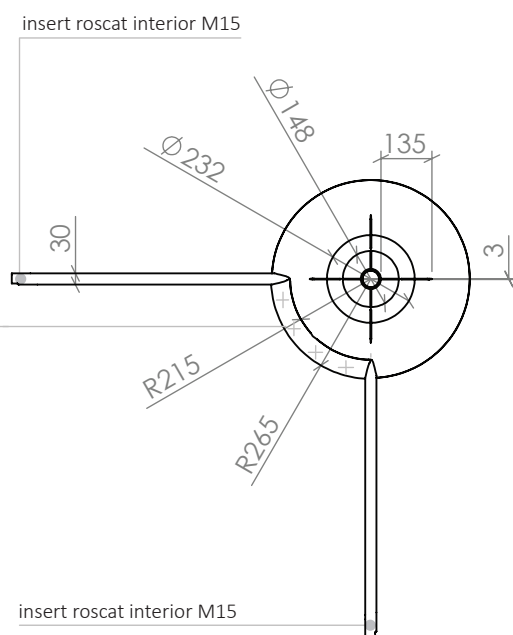
MATERIAL:
COMPOSITE E-POXY +
FIBRA DE CARBONO

REFERÈNCIA: ALT_6

PLÀNOL 6/8

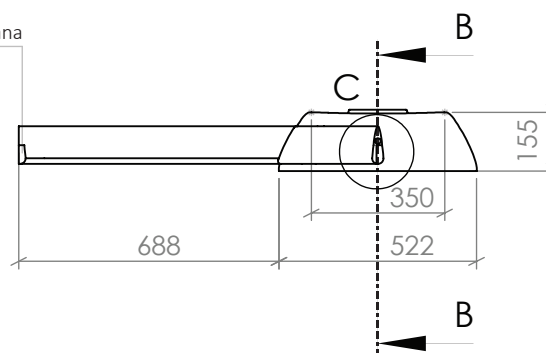


peça estructural posterior anclada amb 4 reblonssituats als punts + de la planta



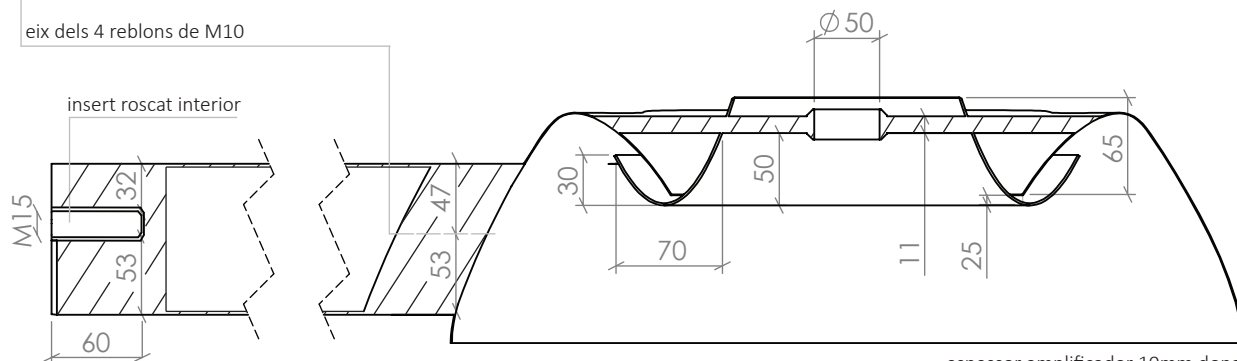
DETALL C
ESCALA 1 : 5

45° per implantació en paret plana



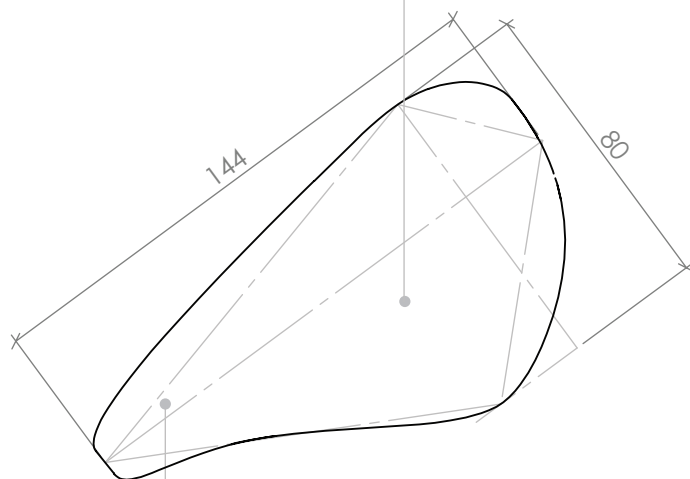
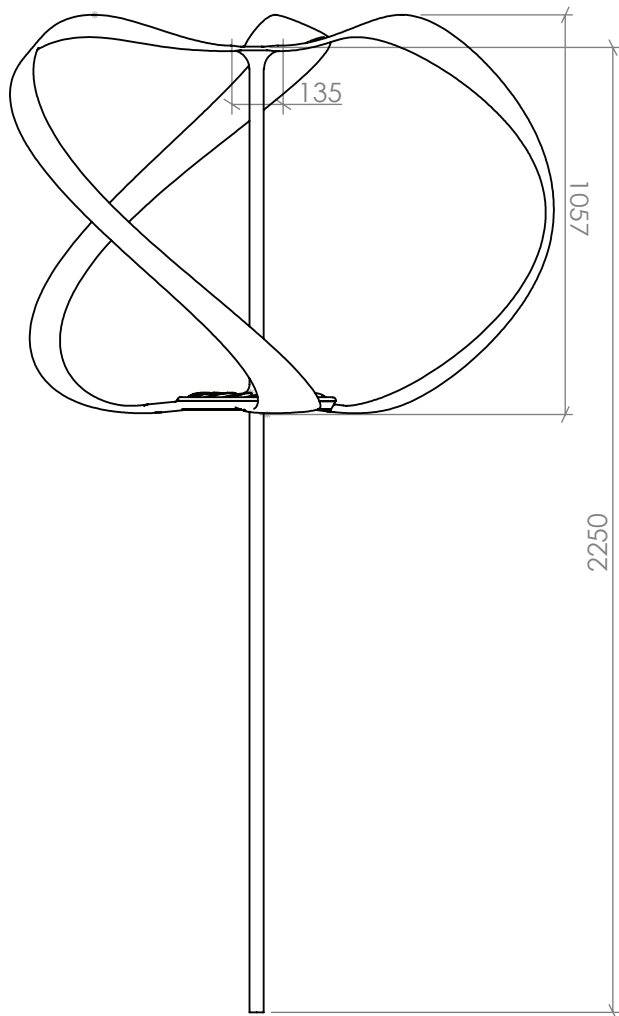
SECCIÓ B-B
ESCALA 1 : 5

eix dels 4 reblons de M10



espessor amplificador 10mm donat
que té que resistir altes pressions

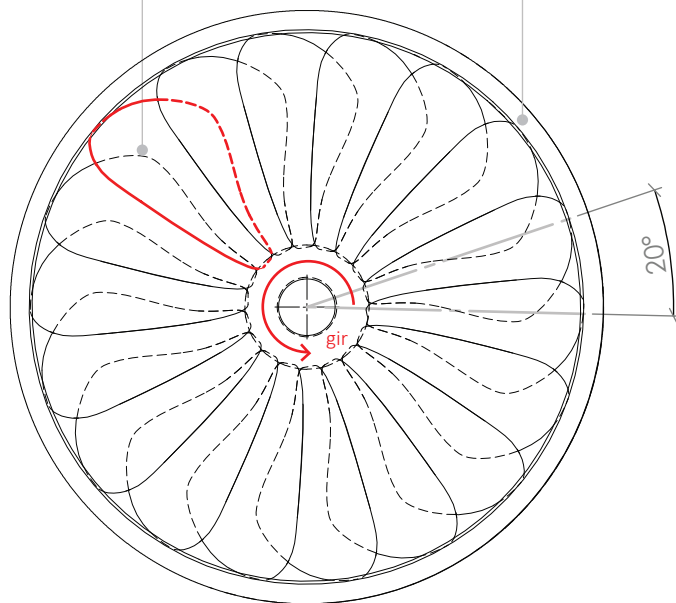
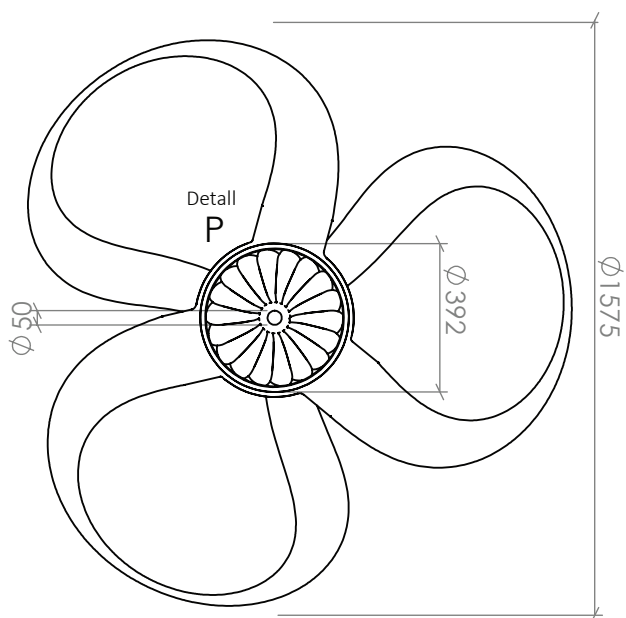
COTES EXPRESSADES EN MM	ESCALA: 1/20	NOM DE LA PEÇA: AMPLIFICADOR OBSERVACIONS:ALÇAT, PLANTA I SECCIÓ B-B DOS ROSQUES INTERIORS PER INSERT ROSCAT M15 ES COLOCA JUST AL DAMUNT DEL PAL DE AL_1	
COTES DE MÀXIMA + CD AMB MODELAT	MATERIAL: B COMPOSITE E-POXY + FIBRA DE CARBONO	REFERÈNCIA: AM_7	PLÀNOL 7/8



18 pales de gruix 5mm, 1 cada 20°
geometria en verdadera magnitud

anell embut
estructural

DETALL P
ESCALA 1 : 5



COTES EXPRESSADES
EN MM

ESCALA:
1/20

NOM DE LA PEÇA: COPA
OBSERVACIONS: ALÇAT, PLANTA INF., DETALL P I V.M. PALA
EL TUB INTERN PASSA PER AM_1, AL_1 I B_1 PER CONECTAR
FINS EL GENERADOR

COTES DE MÀXIMA
+ CD AMB MODELAT

MATERIAL:
COMPOSITE E-POXY +
FIBRA DE CARBONO

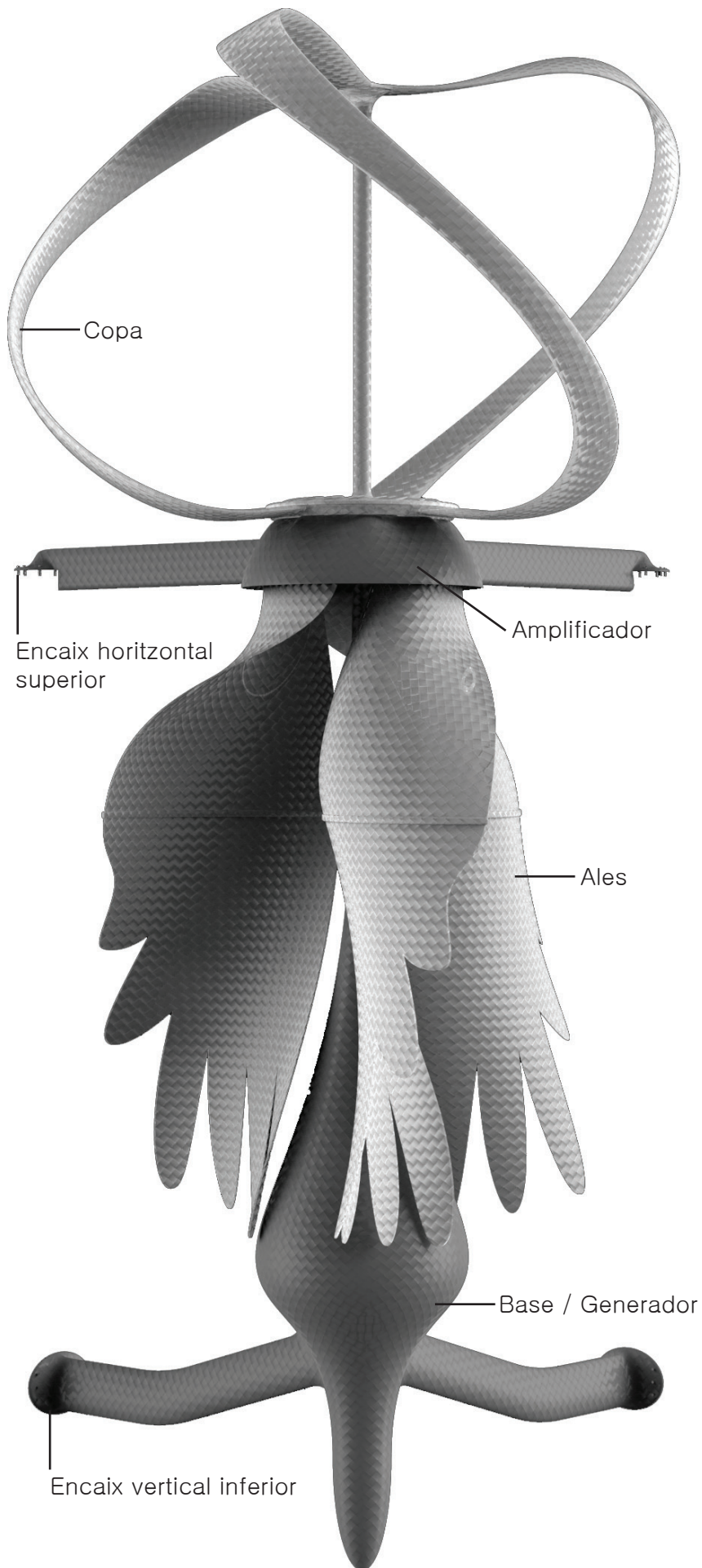
REFERÈNCIA: C_8

PLÀNOL 8/8

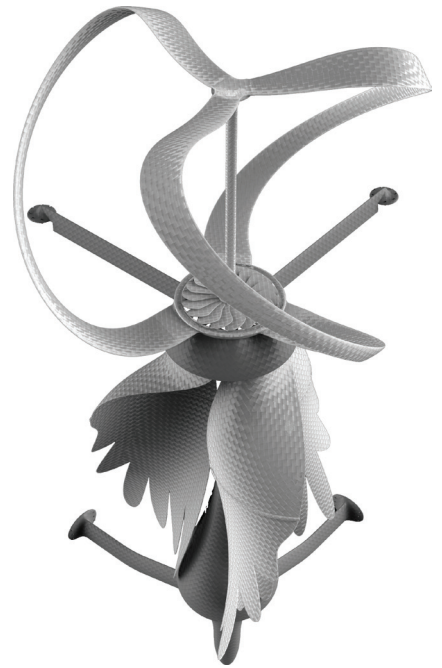
5.4 DEFINICIÓ COMPONENTS I CONJUNT

En aquest apartat s'exposa el funcionament de S'ENLAIRE





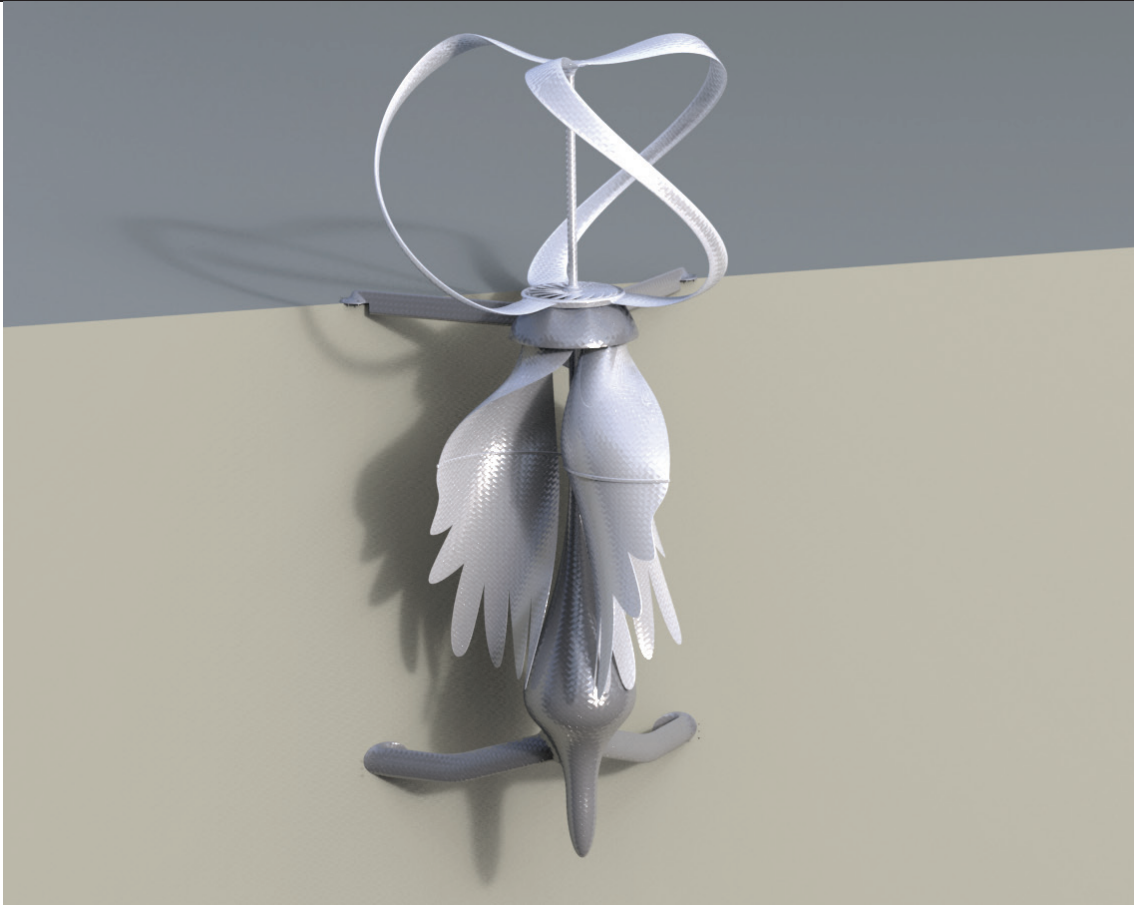
Perspectiva aèria



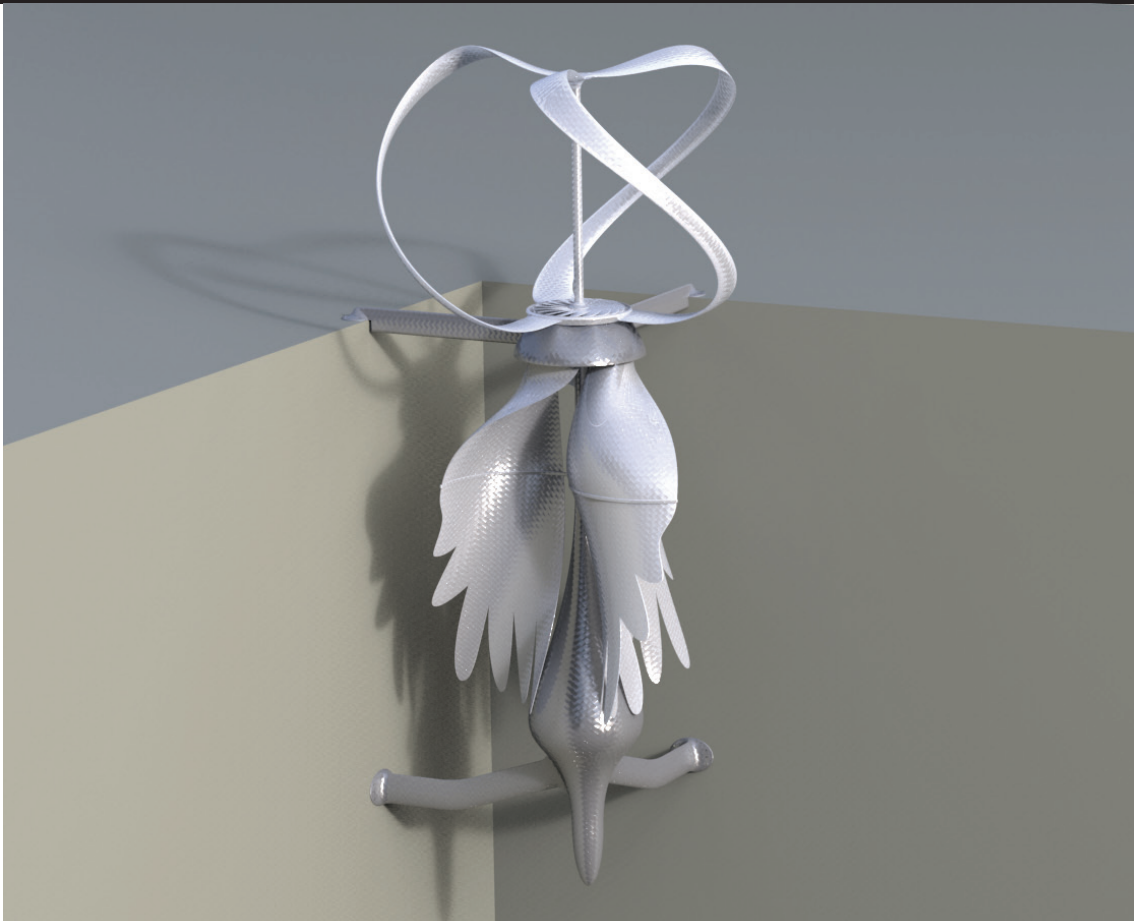
Perspectiva des de baix



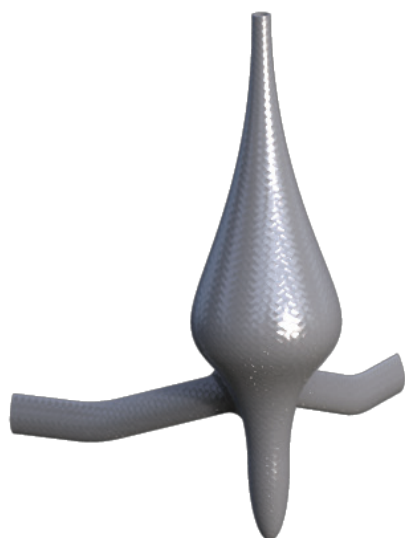
IMPLANTACIÓ PARET PLANA



IMPLANTACIÓ PARET EN CANTONADA

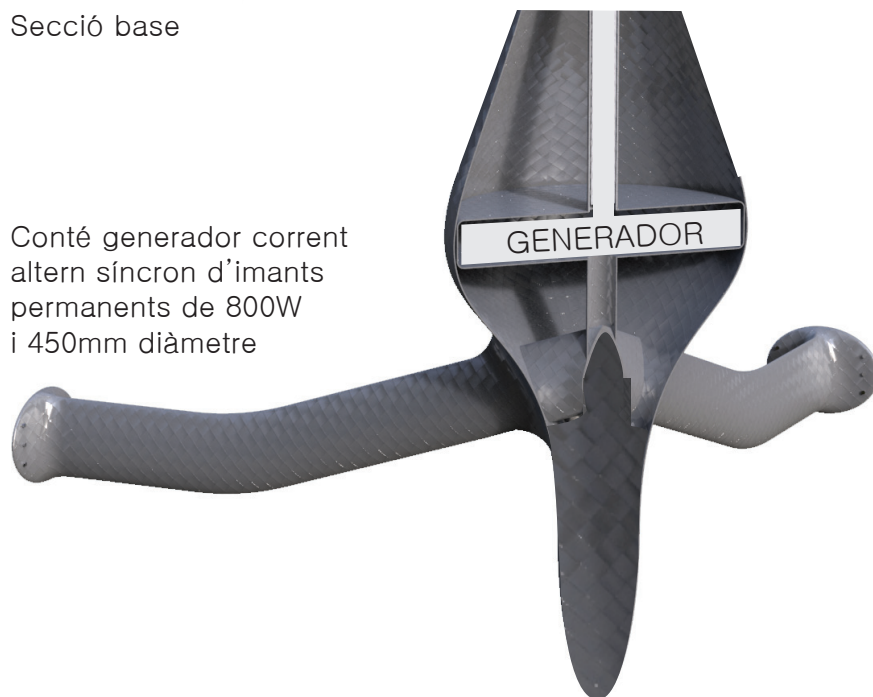


BASE-GENERADOR / BASE AMB ANCLATGES



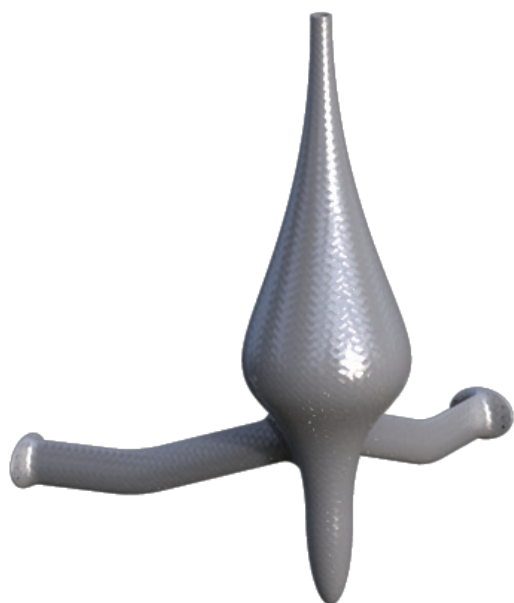
Secció base

Conté generador corrent altern síncron d'imants permanents de 800W i 450mm diàmetre

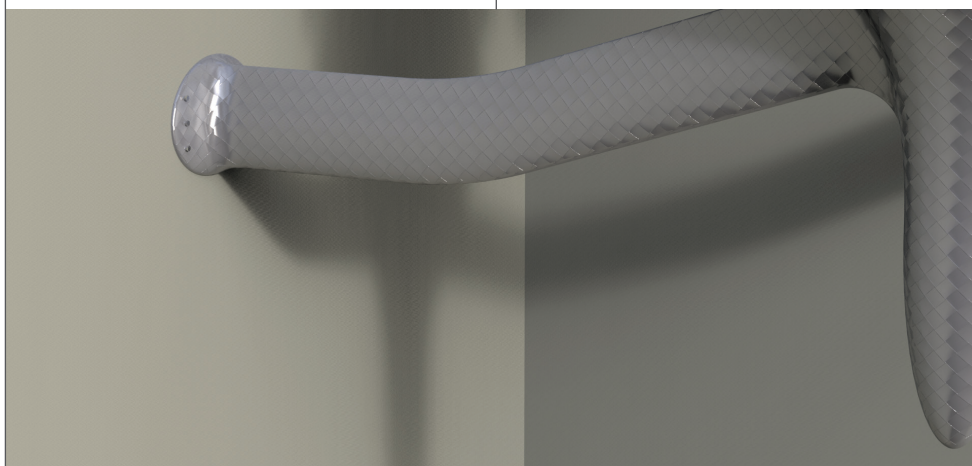
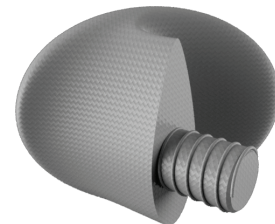
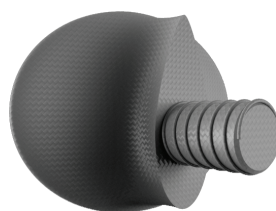
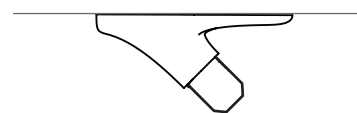
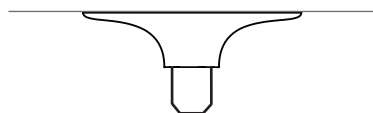


ENCAIX VERTICAL INFERIOR
PARET EN 90º

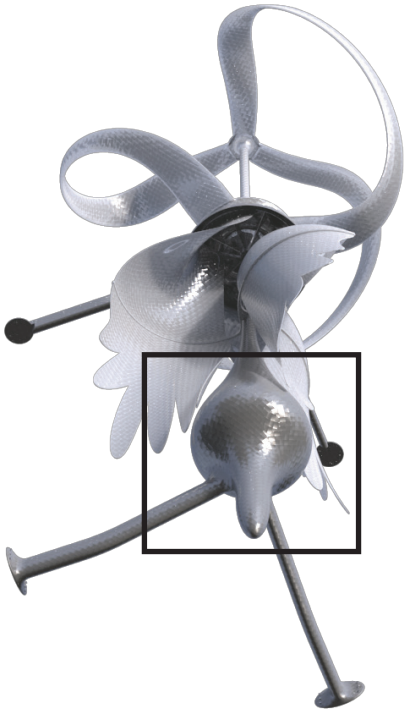
ENCAIX VERTICAL INFERIOR
PARET EN 0º



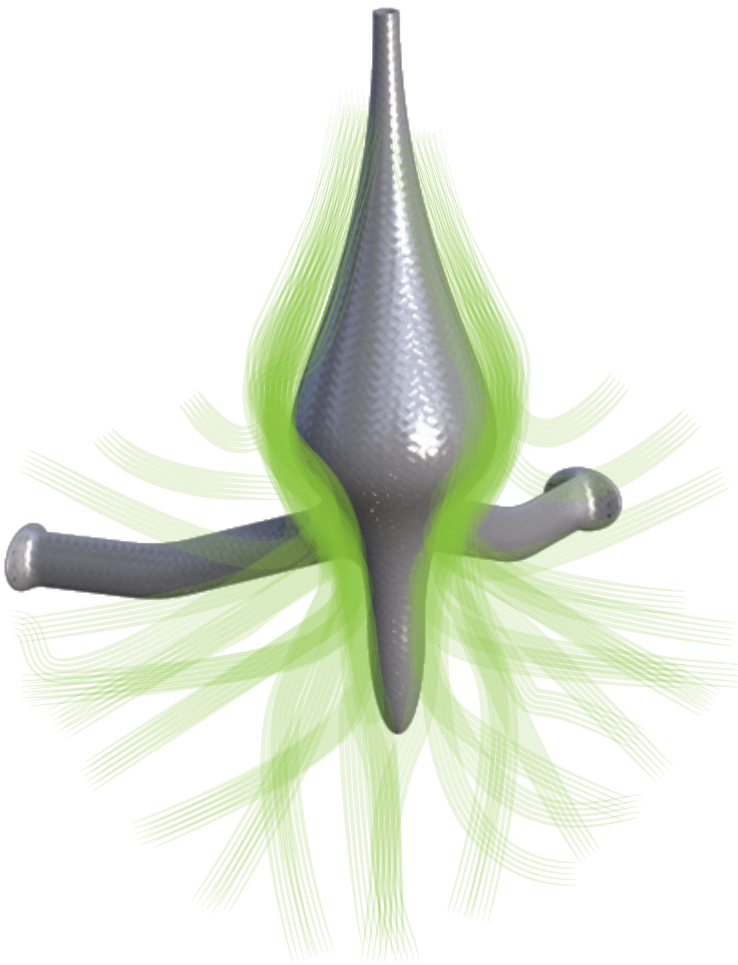
PLANTA



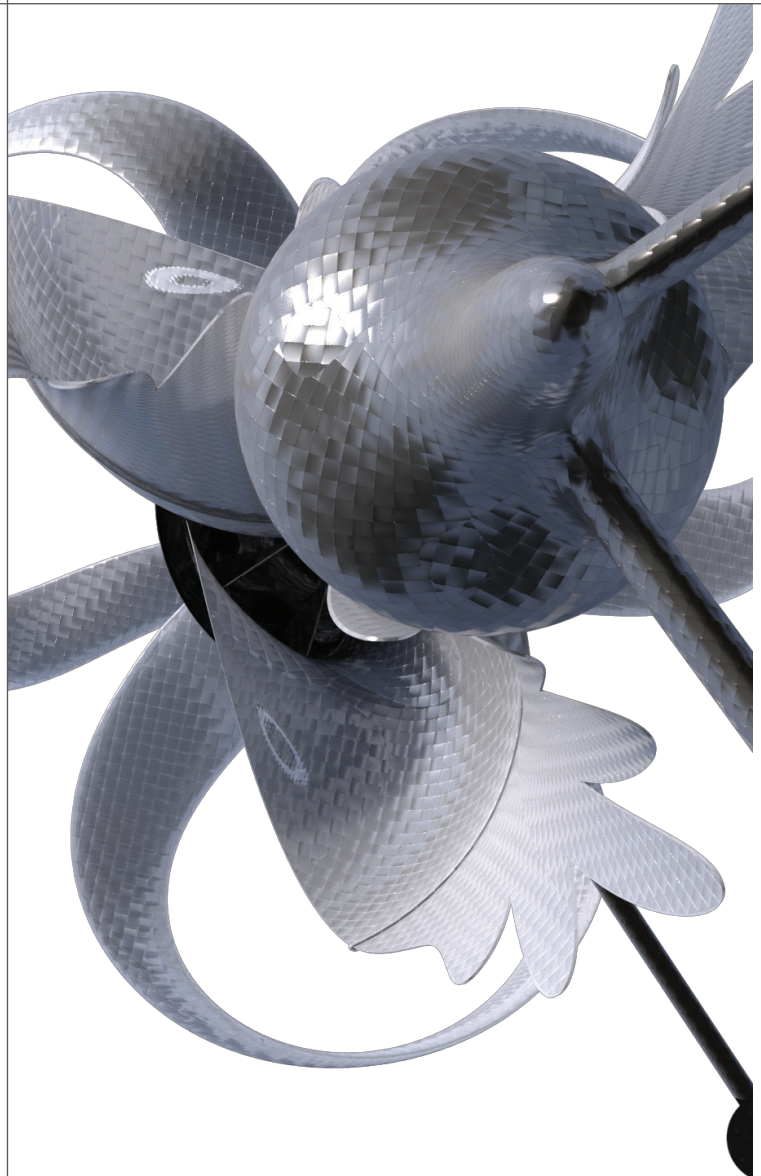
DETALL GEOMETRIA DE RECEPCIÓ DE CORRENTS BASE



Aquesta geometria és capaç de redirigir el flux vertical amb la mínima turbulència per tal de que sigui el més aprofitable possible per les ales, l'efecte amplificador comença aquí generant els primers corrents amb un element estàtic.

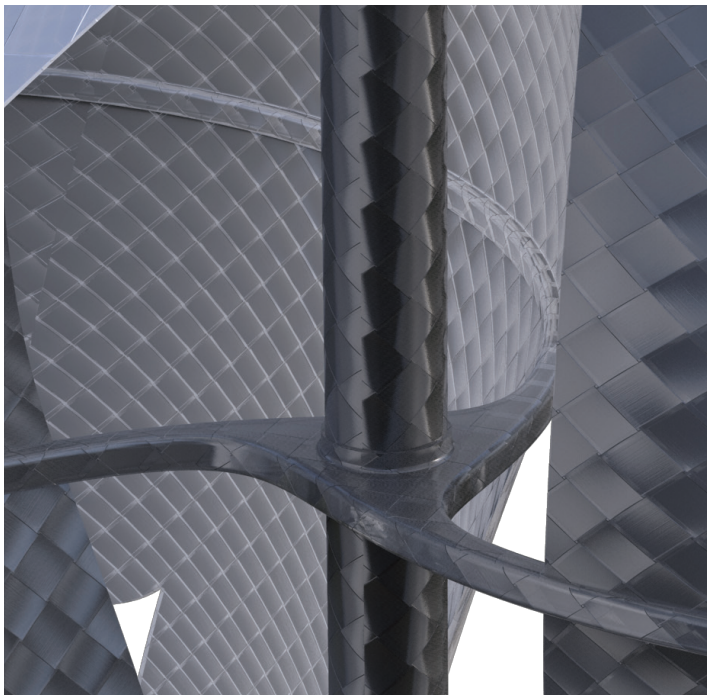


Primera redirecció dels vents turbulents amb un element estàtic



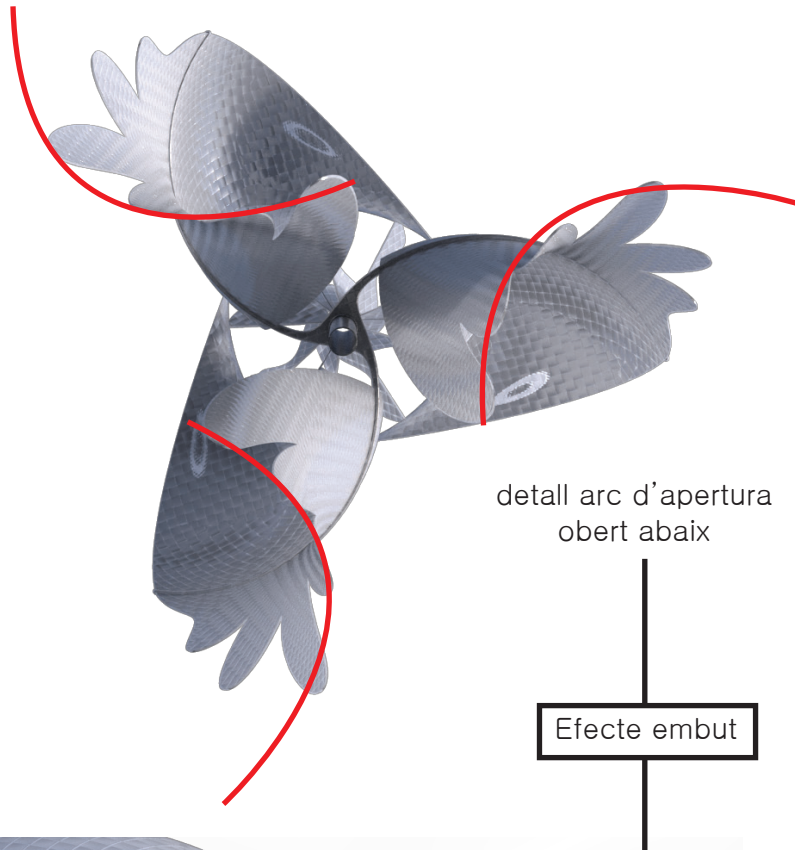


Detall unió peça estructural inferior

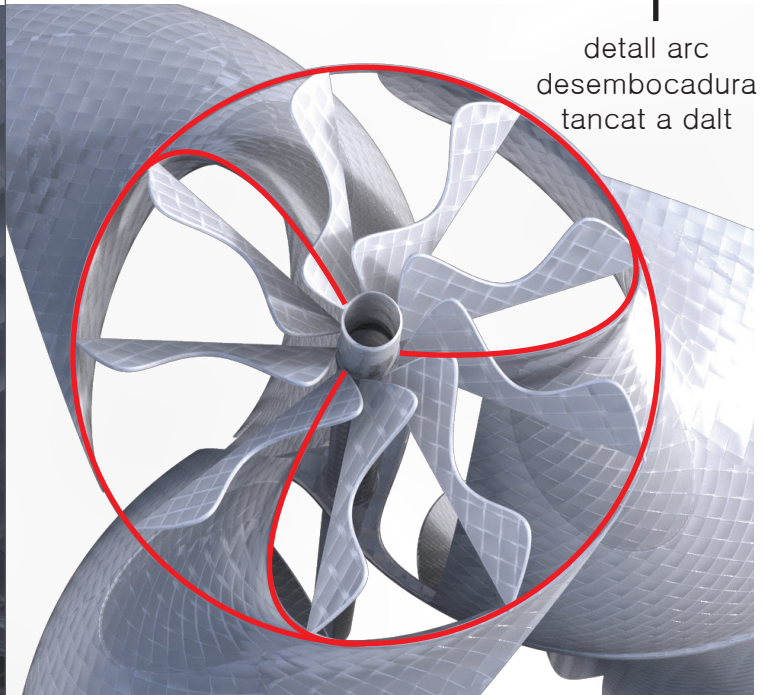


Les ales són les grans recol·lectores de corrents turbulents amb conjunt amb la base.

Aquestes ales contenen una geometria que recorda a les plomes per ajudar a dirigir el flux turbulent en la direcció òptima, també trenquen el mínim possible el flux de l'aire i per tant són dissenyades per mantenir el moviment cinètic.

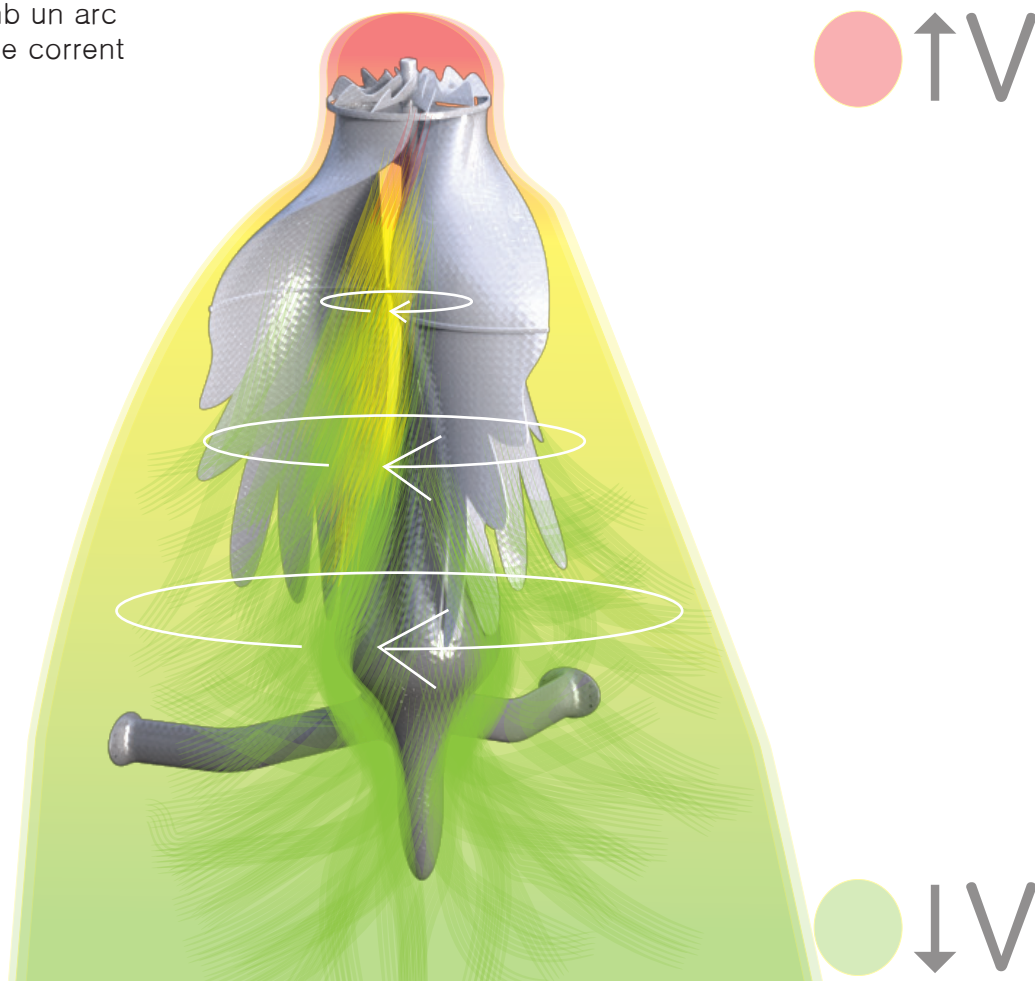


detall arc desembocadura tancat a dalt



ALA-TURBINA + BASE AMB ENCAIXOS

Segona redirecció del fluxe i
primer efecte amplificador de
corrent d'una apertura amb un arc
molt obert a una sortida de corrent
molt tancada i petita



Detall geometria ala amb base (reflexions i ombres)
Efecte embut



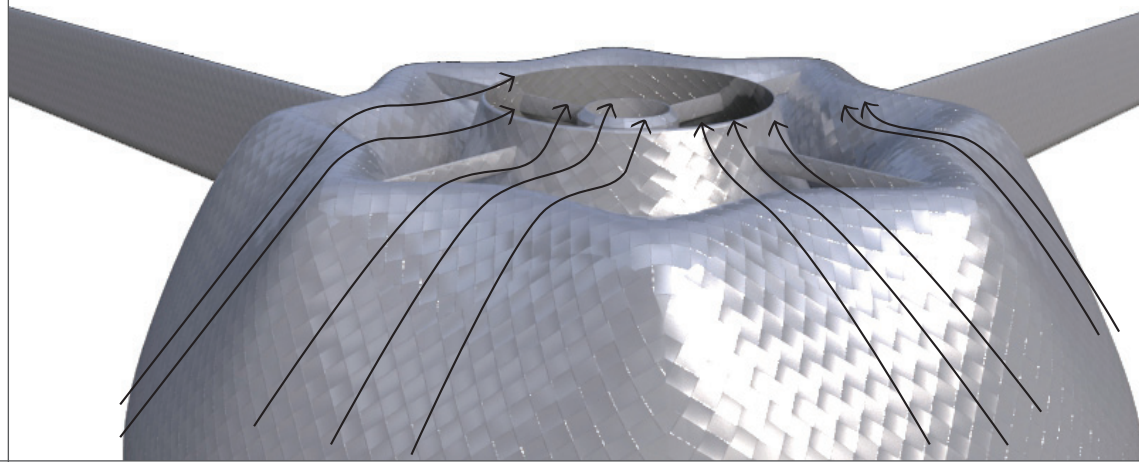
AMPLIFICADOR

Vista amplificador
amb el conjunt



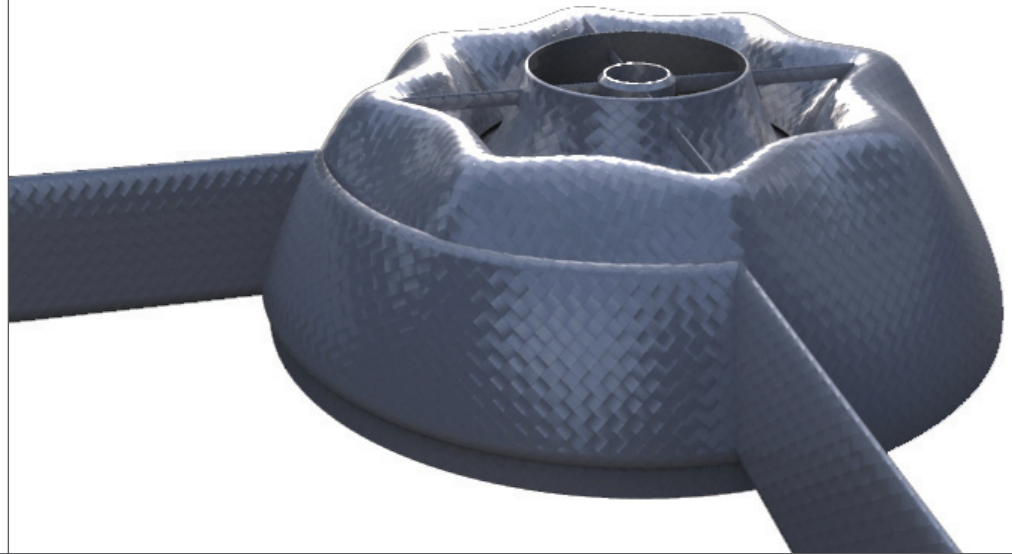
Detall geometria davant

Geometria ondulant que
permet entrar l'aire que
s'ha quedat per fora,
donat la baixa pressió
conseqüència de la alta
velocitat del aire interior

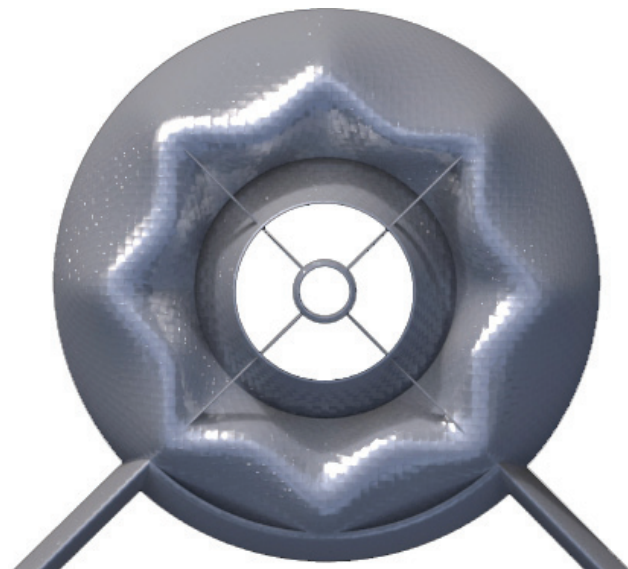


Detall geometria darrera
amb element estructural
de fixació a pared

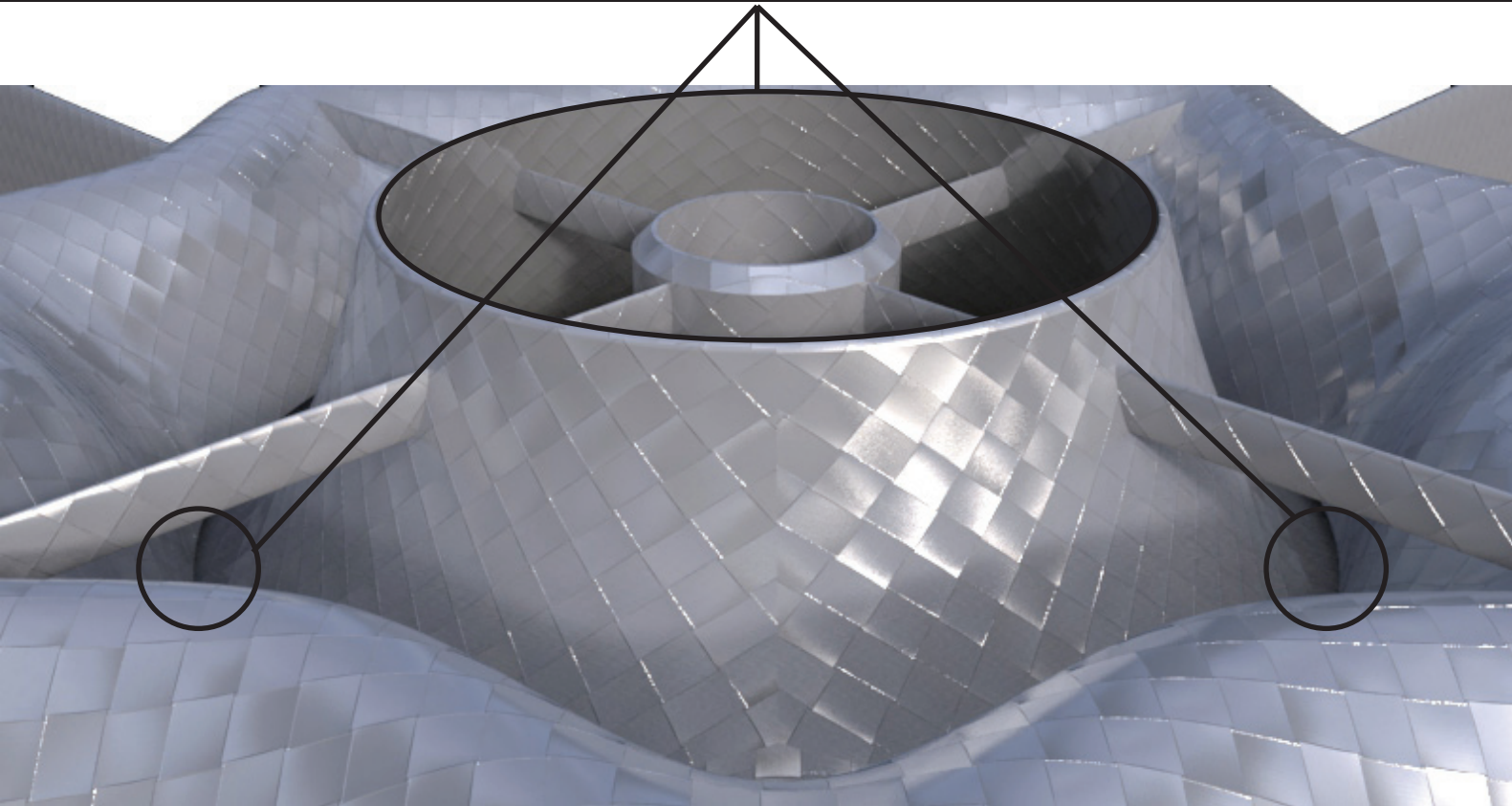
Element estructural
no visible donada
l'orientació de l'aparell



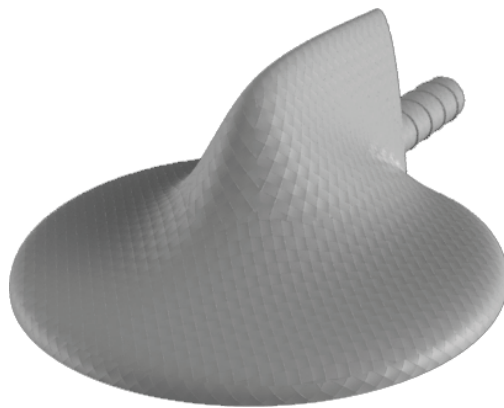
Detall planta



DETAILL ESCAPAMENT D'AIRE



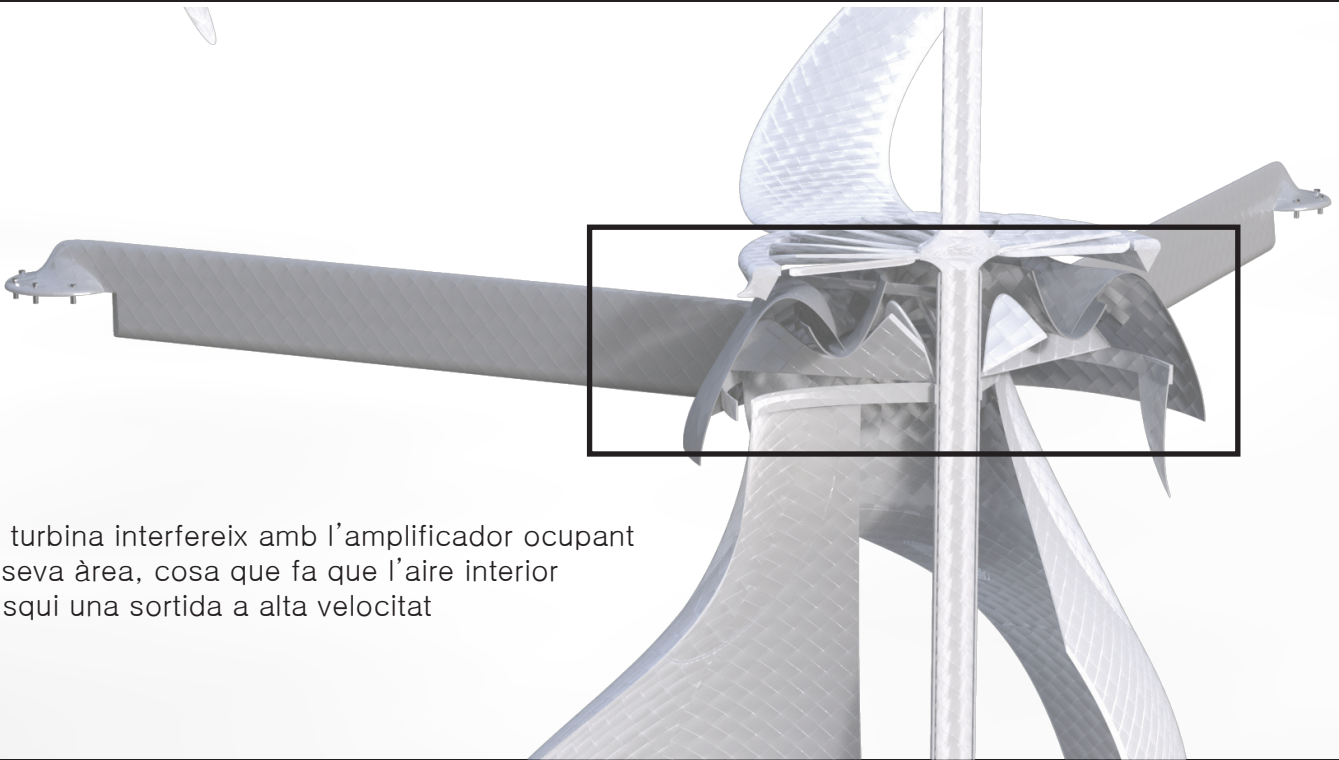
ENCAIX HORTIZONTAL SUPERIOR



AMPLIFICADOR + ENCAIXOS HORTIZONTALS



Detall vista de secció amplificador-turbina

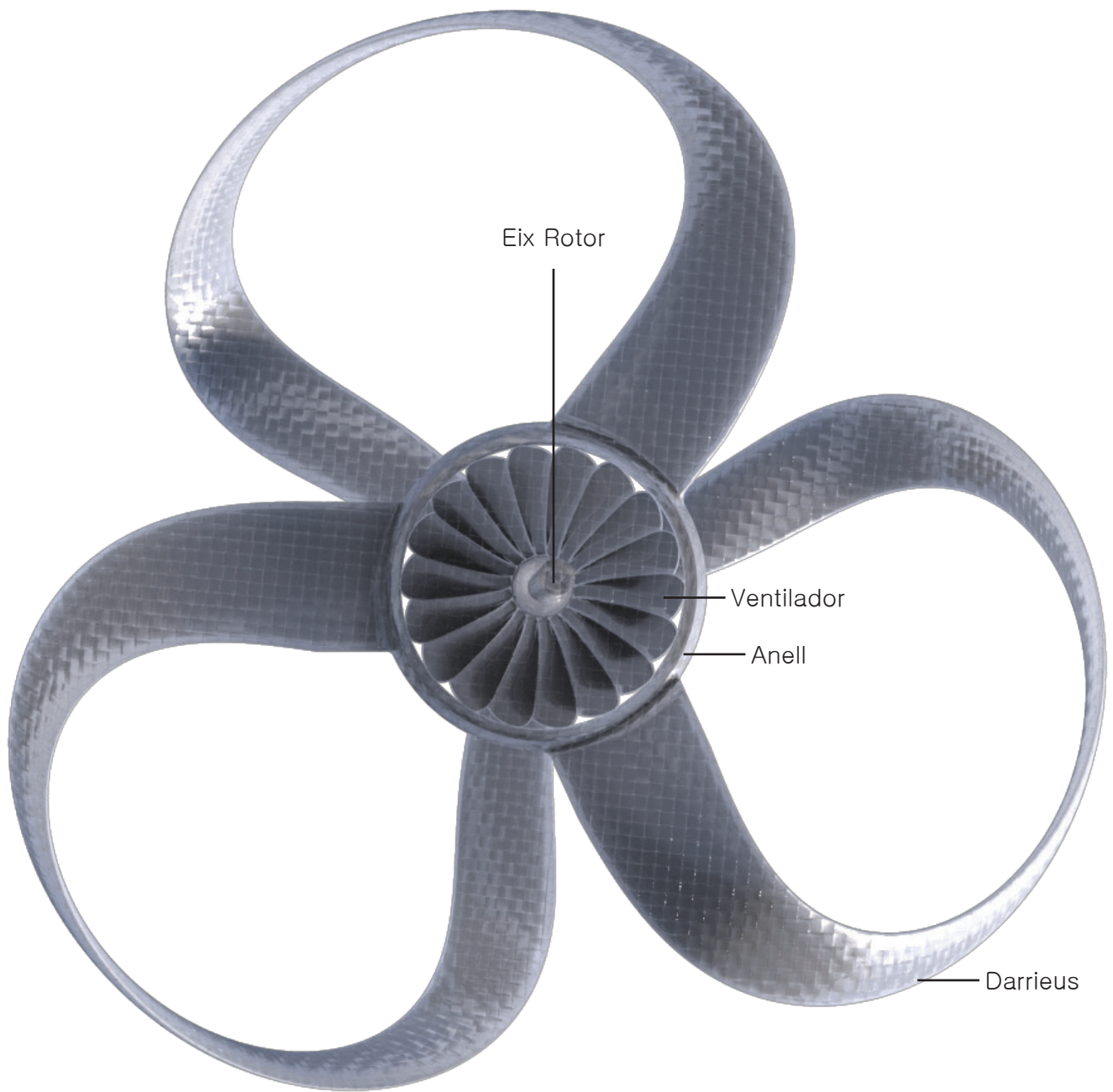


La turbina interfereix amb l'amplificador ocupant la seva àrea, cosa que fa que l'aire interior busqui una sortida a alta velocitat

Detall secció ampliada amb flux i sense flux



L'amplificador té la funció de crear un corrent constant i amplificat a partir de la gran quantitat de vents turbulents que desembocant a partir de les ales i la interacció entra la turbina i l'amplificador

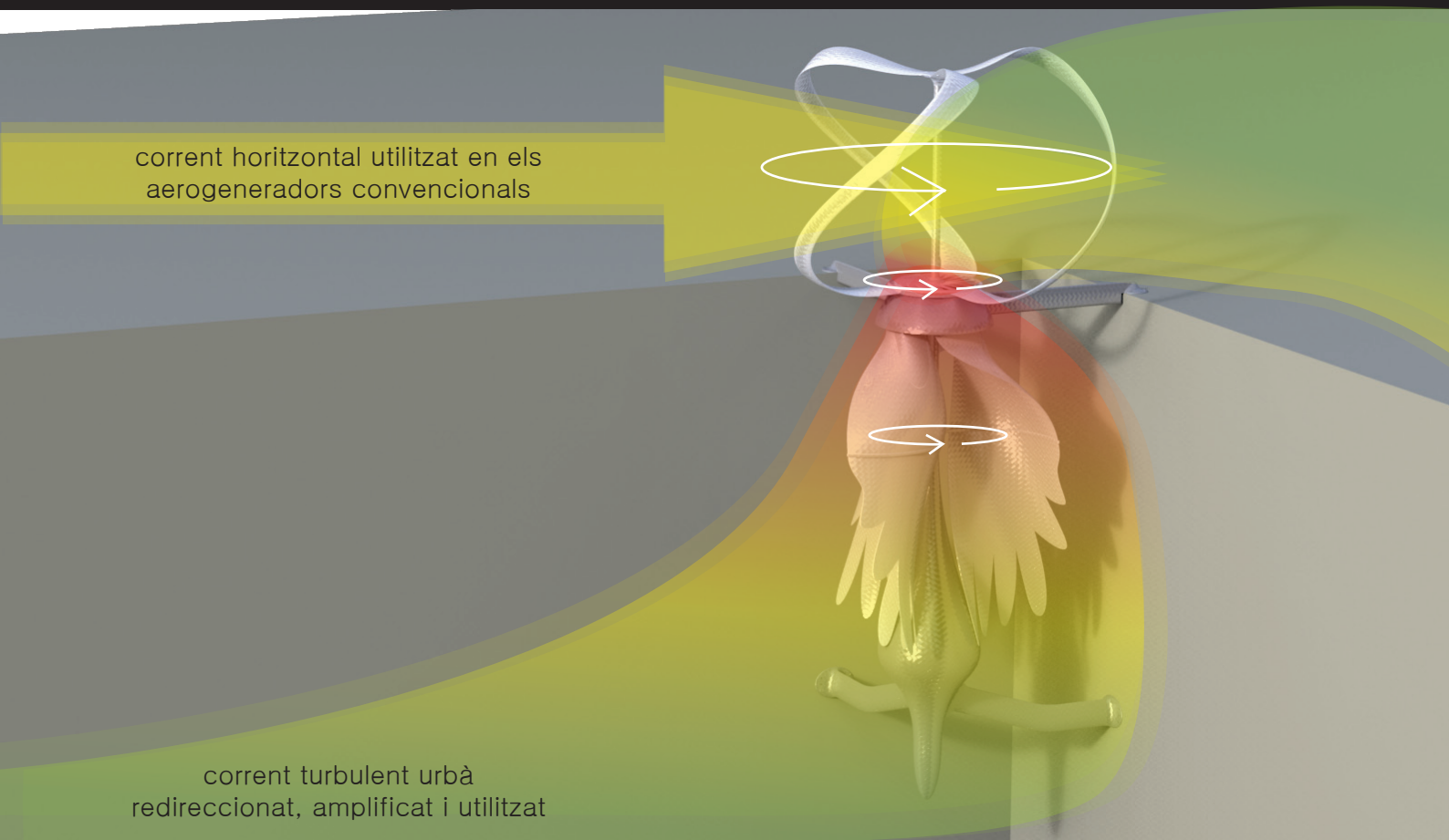


Tot aquest vent turbulent arriba a La Copa; està formada per un aerogenerador tipus Darrieus helicoïdal, redissenyat per aprofitar més corrent vertical, i també d'un ventilador, amb moltes pales aerodinàmiques dins d'un anell.

Aquest vent accelerat i mitjanament constant arriba al ventilador a partir de l'anell i provoca el moviment cinètic a partir del aire inicial turbulent i lent de la ciutat.

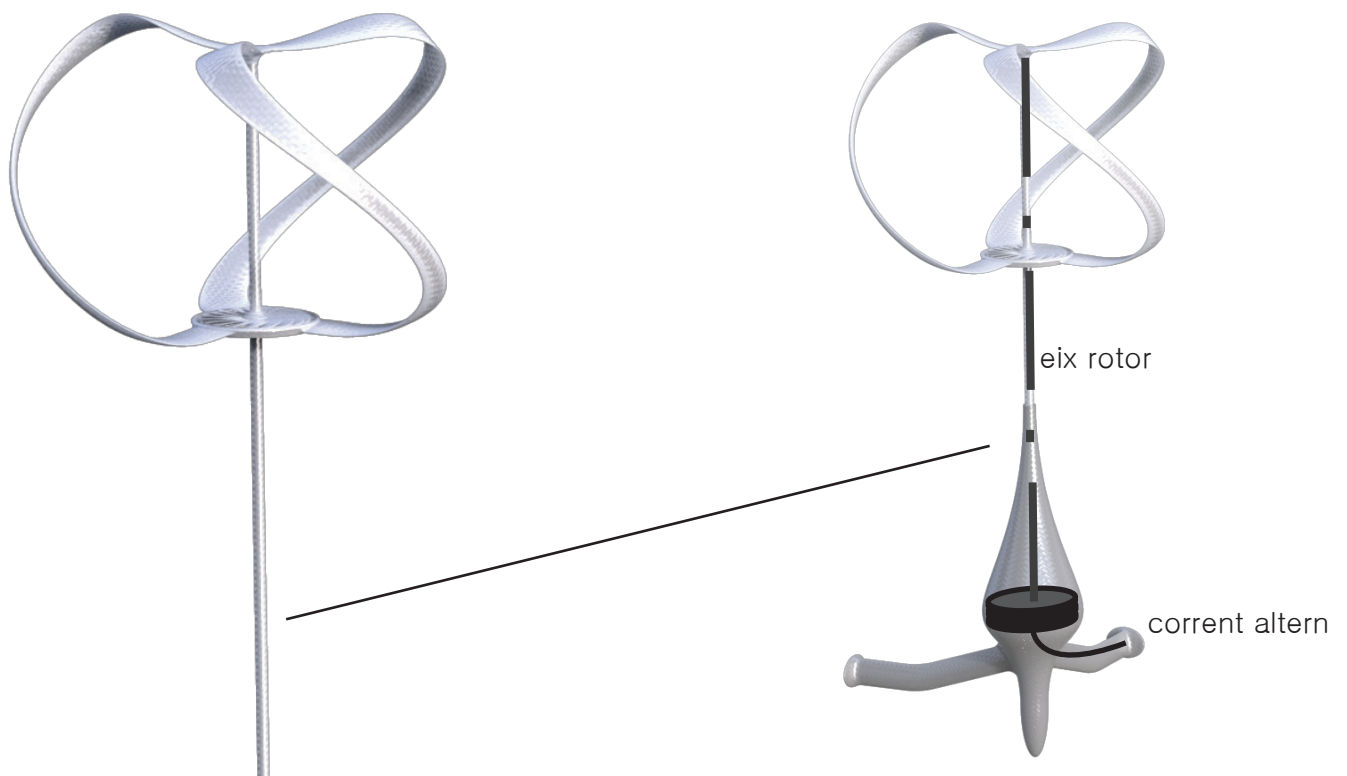
Mentrestant el aerogenerador rep els corrents horitzontals de totes direccions just per sobre del terrat. Aquests són els corrents fins ara utilitzats pels aerogeneradors convencionals.

Aquest disseny crea un mètode per aprofitar els dos corrents diferents de la urbe: el vent turbulent que xoca amb l'edifici i el corrent horitzontal casi constant de sobre del terrat.

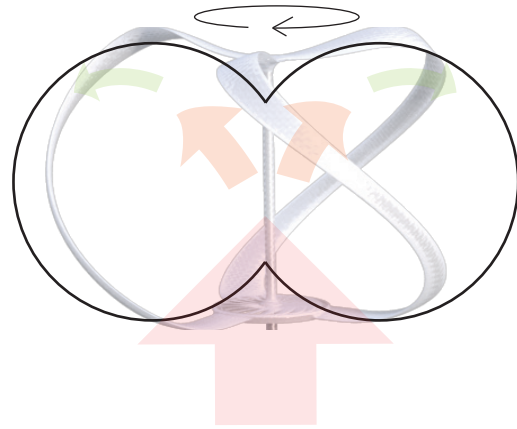


Aquest dos components estan units per un eix vertical que s'encaixa a la base amb dos rodaments específics per miniaerogeneradors del mercat, permeten lliure moviment en el eix.

L'energia cinètica es convertida per un generador insertat en la base en energia elèctrica



Aquesta part de dalt del Darrieus ha estat redissenyada per afavorir la geometria a rebre vents verticals subjacents de l'amplificador i del xoc amb l'edifici, fent-la més ampla i donant-li més geometria toroïdal



punt més ampli per rebre més corrents verticals donada la implantació i funció de l'aparell

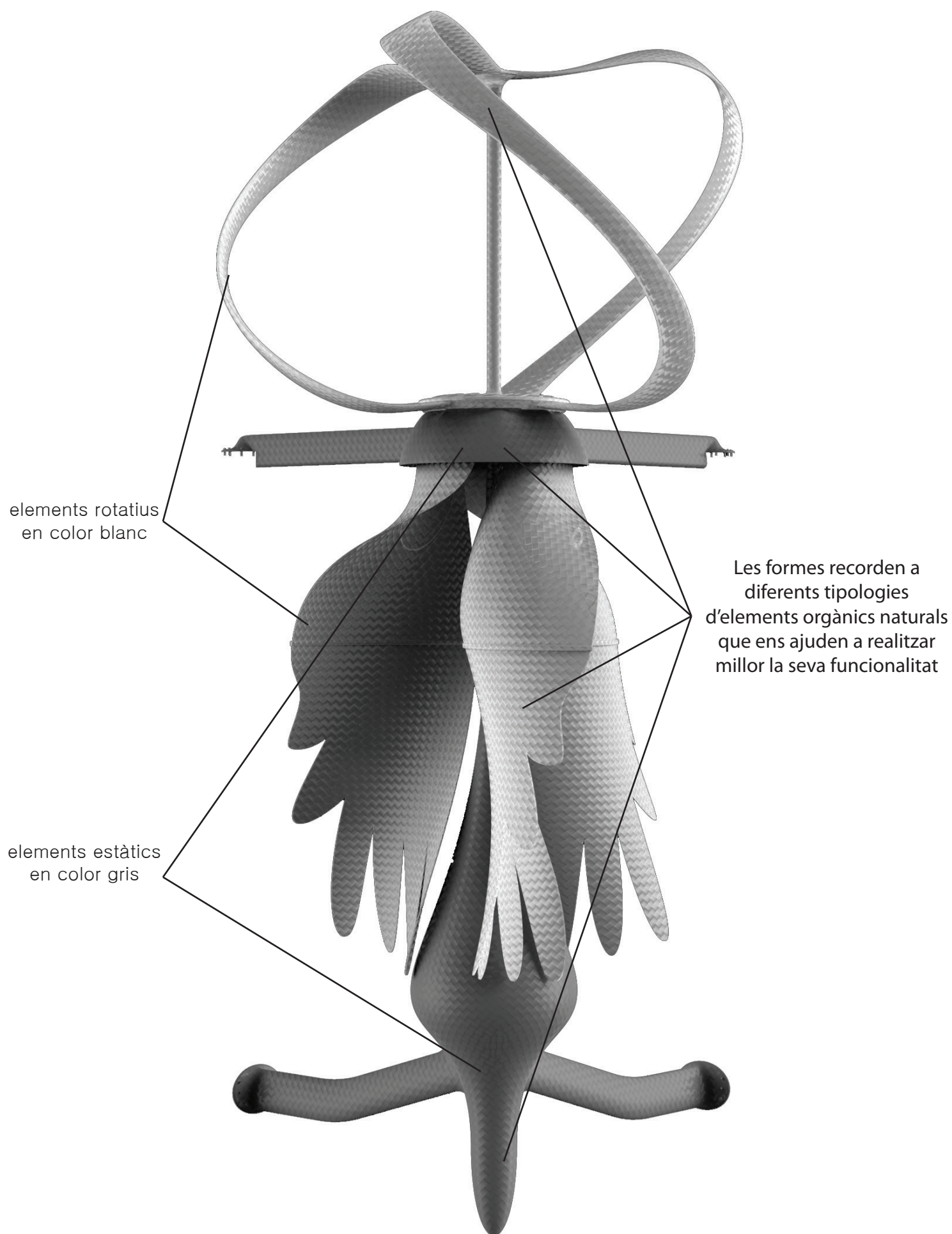


Imatge ampliada aerodinàmica palas; forma d'ala i amb anell embut estructural per afavorir l'efecte Bernoulli



ESQUEMA NOU CONCEPTE AEROGENERADOR





5.5 CODIFICACIÓ

NOM	REFERÈNCIA	MATERIAL	Nº PLÀNOL
Conjunt S'enlaire	S'E_1	Composite: Epoxy+fibra de carbono	1
Encaix Superior	ES_2	Composite: Epoxy+fibra de carbono	2
Encaix Inferior paret 0º	EI_0_3	Composite: Epoxy+fibra de carbono	3
Encaix Inferior paret 90º	EI_90_4	Composite: Epoxy+fibra de carbono	4
Base	B_5	Composite: Epoxy+fibra de carbono	5
Ales Turbina	ALT_6	Composite: Epoxy+fibra de carbono	6
Amplificador	AM_7	Composite: Epoxy+fibra de carbono	7
Copa	C_8	Composite: Epoxy+fibra de carbono	8

NOM	PROVEÏDOR	COST	QUANTITAT
Generador 800W	Yanan	300€	1
Incerts roscats M-15	J&G Hardware	1,75€/unitat	2
Incerts roscats M-20	J&G Hardware	2€/unitat	2
Cargols M-10	Viba	6,50€/30 unitats	28
Rodaments aerogenerador	UGE	50€/ unitat	2

6. CONCLUSIÓ

A continuació s'exposen les conclusions i les vies de desenvolupament del projecte amb l'empresa del sector minieòlic Navitas Paradigma i també les conclusions personals.

6.1 CONCLUSIÓ NAVITAS PARADIGMA SL

Es tracta d'un projecte amb molt de potencial, que resol des de la concepció de disseny les mancances d'una tecnologia en expansió. Aquesta tecnologia necessita precisament nous conceptes de dissenyadors, que després d'un desenvolupament tècnic, resultin creatius i millorin les deficiències actuals. Donat que en l'actualitat els miniaerogeneradors d'eix horitzontal s'estan descartant per a ciutats, a causa de les irregularitats dels vents, i els d'eix vertical s'estan imposant en les intervencions urbanístiques, necessiten ser estudiats i concebuts amb noves propostes per ajudar a resoldre l'eficiència i l'integració d'aquests aparells.

Per tant, la idea del projecte d'aprofitar dos règims de vent orientats a augmentar la potencia del generador, és una idea molt bona i innovadora per aprofitar corrents d'aire que no s'havia pensat aprofitar-los amb anterioritat i que en les ciutats tenen un gran potencial i desenvolupament si els generadors són capaç d'aprofitar-los. Per tant, des del punt de vista conceptual, l'amplificador dels corrents turbulents té molt interès donat que estaria relacionat directament amb la potencia final del generador i per tant amb la seva eficiència.

L'altre gran problemàtica que conté aquesta tecnologia és el seu impacte visual. En aquests cas és un miniaerogenerador de dimensions reduïdes que conté una estètica peculiar molt integrable en edificis i en el que la línia resulta atractiva e interessant.

Amb aquesta idea plena de recorregut seria necessari dur a terme un procés de desenvolupament tècnic aeronàutic, mecànic i elèctric del miniaerogenerador. Aquesta idea inicial amb conceptes innovadors es tindria que desenvolupar i en el seu desenvolupament podria sofrir variacions tècniques per la seva inserció en el mercat, donades per enginyers que ajudarien a fer la peça industrialitzable per un cicle de vida de 20 anys en la seva implantació.

Les qüestions amb més rellevància per desenvolupar aquests projecte en el mercat actual serien el cost, les fatigues i el manteniment:

- El cost elevat d'aquesta proposta prové del seu material i es tindrien que veure altres possibilitats d'inserció segures amb materials menys costosos.
- Les fatigues de les peces les tindria que tractar un enginyer aeronàutic per tal de fer segur l'aparell i donar les peculiaritats necessàries per un perfecte procés de fabricació.
- Per últim, qualsevol aerogenerador necessita un manteniment mínim i el disseny final podria incloure sistemes de rotació d'un enginyer mecànic per ajudar a realitzar aquesta tasca amb més facilitat.

En general és una idea molt interessant i coherent que podria millorar l'inserció de la tecnologia minieòlica en ciutats, fent-la més eficient i integrable.

6.2 CONCLUSIÓ PERSONAL

Amb aquest projecte he après a incidir en una tecnologia completament nova per mi i determinar des del disseny els punts claus d'intervenció en els seus aspectes més negatius. Aquests requeriments han sigut que fos autodidacta en la matèria i en les matèries circumdants, com ara en l'aeronàutica. Aquesta perspectiva d'aprenentatge a sigut molt motivadora i ha fet que el projecte evolucionés a mesura que també evolucionaven els meus coneixements. No obstant això, la visió de disseny no estava focalitzat en la tècnica, ni en l'implantació en el mercat directe, de manera que m'ha permès treballar amb conceptes molt divergents que finalitzant amb una proposta atrevida que obra un subsector en la conceptualització del funcionament dels miniaerogeneradors en ciutats.

La nova visió de concebre els aerogeneradors amb dos tipologies de corrents eòlics en la mateixa ciutat, és la font conceptual potent en la que ha divagat el resultat del projecte.

S'ha treballat des de el disseny la part resolutiva tècnica del projecte per facilitar la implantació en la indústria, però encara necessita un equip tècnic d'enginyers que s'encarreguin del seu desenvolupament a nivell constructiu, calculant les pressions i les fatigues del material.

Per saber la quantificació del rendiment i eficiència es tindrien que realitzar simulacions de fluids dinàmics amb softwares adients i també processos de prototipatge als túnel de vent per realitzar les proves pertinents.

En quant al cost del miniaerogenerador, aniria en funció dels requeriments específics dels materials necessaris per la seva construcció, és a dir, es tindria que analitzar i veure s'hi podrien existir alternatives més econòmiques e igualment segures, per tal de dissenyar orientant el cost per l'implantació al mercat.

Les vies de continuïtat d'aquests projecte podrien forma part d'un estudi aeronàutic de viabilitat de la proposta per tal de adaptar-la al mercat, és a dir, utilitzar el concepte proposat per dur a terme una reedició del miniaerogenerador capaç de ser eficient i tenir una bona integració en la ciutat.

Des del disseny tenim que preocupar-nos per les problemàtiques actuals i el àmbit energètic es insostenible, de manera que la tecnologia minieòlica ofereix una alternativa real de generació d'energia distribuïda i per això té que ser digna de ser estudiada per dissenyadors industrials que aportin noves idees.

BIBLIOGRAFIA

FIGURES

Figura 1: <http://www.solacity.com/SmallWindTruth.htm>

Figura 2: http://www.envento-windenergie.com/en/20_faqs.php

Figura 3: http://www.hi-vawt.com.tw/en/why_vaswt.html

Figura 4: <http://obelkobusnel.wordpress.com/how-do-i-do-a-science-fair-project/science-fair-project-ideas/>

Figura 5: <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Darrieus.jpg>

Figura 6: http://es.wikipedia.org/wiki/Rotor_Savonius

Figura 7: http://media.dyson.com/downloads/es/fans/AM_brochure.pdf

Figura 8: <http://www.medioambiente.org/>

Figura 9 i 10: <http://www.monografias.com/trabajos85/disenogeneradores-sincronos/disenogeneradores-sincronos.shtml>

IMATGES

Imatge 1: <http://www.soliclima.es/energia-eolica>

Imatge 2: <http://www.elperiodico.com/es/noticias/sociedad/20100825/energia-minieolica-logra-via-libre-para-implantarse-espana/450171.shtml>

Imatge 3: <http://varinia.es/blog/2008/09/21/%C2%BFcuanto-cuesta-una-instalacion-mini-eolica-domestica/>

Imatge 4: <http://www.cocheselectricos.co/>

Imatge 5: http://www.daviddarling.info/images/Savonius_turbine.jpg&w=235&h=314&ei=otbrUJVfhJrUBZ6JgYAC&zoom=1&iact=hc&vpx=482&vpy=328&dur=3694&hovh=251&hovw=188&tx=116&ty=129&sig=110062465468594715363&page=2&tbnh=132&tbnw=106&start=32&ndsp=40&ved=1t:429,r:35,s:0,i:195

Imatge 6: <http://www.tech.sc/how-vertical-horizontal-wind-turbines-work-and-how-much-energy-they-generate/>

Imatge 7: <http://www.archiexpo.es/fabricante-arquitectura-design/aerogenerador-da-rrieus-3854.html>

Imatge 8: <http://www.nohana3000.com/es/aerogeneradores-pramac-wt400w-doble-pala>

Imatge 9: <http://www.medioambiente.org/>

Imatge 10: <http://www.medioambiente.org/>

Imatge 11 i 12: <http://elzorro-protector.blogspot.com.es/2010/08/buho-o-lechuza-habitan-te-de-nuestra.html>

Imatge 13: banc.fotos.1234.com

Imatge 14: <http://www.medioambiente.org/2012/03/tres-peces-dos-intentos-un-pajaro.html>

Imatge 15: <http://animales.org.es/2009/martin-pescador-tren/>

Imatge 16: <http://www.mstudio.es/fotografias/fotografia-de-aviones.html>

Imatge 17: <http://www.tallervirtual.com/2012/06/22/cuidemos-el-turbo-de-nuestro-coche/>

Imatge 18: <http://aerotecnologia.blogspot.com.es/2011/01/tunel-de-viento.html>

Imatges 19: http://www.km77.com/fotos/Porsche/911_Turbo_2010/Porsche-911_Turbo_2010-GT2_RS-GT2_RS-Coupe-Tecnica-Turbocompresor-2_puertas-201005120237.html?modelId=1919&modelVersionId=3109&carType=3&photoType=3&order=2&division=version&galleryLimit=12&galleryBackLimit=8

BIBLIOGRAFIA

Imatge 20: http://www.audi.es/es/brand/es/Experiencia_Audi/Innovacion_Audi/TunelViento/tres_tuneles_viento.tab_0002.html

Imatges 21-27: <http://www.medioambiente.org/>

Imatges 28,29 i 30: http://www.design.philips.com/about/design/designportfolio/brand_communication/simplicity_event/sustainable_city_light.page

Imatge 31: <http://www.ecofriend.com/whats-next-in-wind-energy-harvesting-systems.html>

Imatge 32: <http://nanomedicinafisica.wordpress.com/2011/03/31/16/>

Imatge 33 i 34: <http://www.bolido.com/2011/07/tecnologia-la-fibra-de-carbono/>

Imatge 35 i 36: <http://www.dtlux.com/mundolux/gadgets/articulo/descenso-perfecto-esquis-nieve-gadgets>

Imatge 37: <http://www.revistavoxingenium.edu.co/?p=520>

Imatge 38: <http://desenchufados.net/las-palas-de-aerogeneradores-mas-grandes-que-un-airbus-a380/>

Imatge 39: <http://uim.avko.bg/spain/productos/empaquetaduras/graphite-and-carbone-2>

Imatge 40 i 41: <http://www.motorpasion.com/bmw/bmw-y-boeing-colaboraran-en-el-reciclaje-de-fibra-de-carbono>

Imatge 42: <http://tallerdelorate.blogspot.com.es/2012/05/specialized-extiende-europa-el.html>

Imatge 43: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/3kw-permanent-magnet-ac-generator-with-160-rpm-678396335.html>

SIMULACIONS DINÀMIQUES DE FLUIDS:

Simulació de dinàmica de fluids 1: http://media.dyson.com/downloads/es/fans/AM_brochure.pdf

Simulació de dinàmica de fluids 2: <http://www.medioambiente.org/>

Simulació de dinàmica de fluids 3: <http://www.medioambiente.org/>

GUÍAS CONSULTADES:

- Guía sobre tecnología minieólica (Madrid, 2012), de Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid i la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, referent en aquest sector.

- L'energia minieólica: l'aprofitament local del vent. Llibre editat pel Col·legi D'enginyers Tècnics Industrials de Barcelona (CETIB) l'any 2012, ha estat realitzat per NavitasParadigma S.L. amb la validació de continguts del Departament d'Enginyeria Mecànica de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

ORGANISMES PÚBLICS

Institut Català de l'energia (ICAEN): <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen>

IDAE (Instituto para la Diversificación i Ahorro de la Energía): <http://www.idae.es/>

CIEMAT (Centro de Investigación Energética, Medioambiental y tecnológicas):
<http://www.ciemat.es/>

CEDER (Centro de Desarrollo de Energías Renovables): <http://www.ceder.com/CEDERportal/>

CENER (Centro Nacional Energías Renovables): www.cener.com

U.S. Department of Energy- wind: www.eere.energy.gov/topics/wind.html

NREL (US National Renewable Energy Laboratory) - Small wind:
www.nrel.gov/wind/smallwind

BIBLIOGRAFIA

INFORMACIÓ SOBRE RECURS EÒLIC

METEOCAT: www.meteocat.com

ATLAS Eòlic IDAE: atlaseolico.idae.es

European Wind Atlas: www.windatlas.dk

Meteodyn (Meteorology and Dynamics): www.meteodyn.com

Meteosim TrueWind: www.meteosimtruewind.com

Meteoclimatic: www.meteoclimatic.com

ASSOCIACIONS PROFESSIONALS

APPA-minieòlica (Asociación de productores de Energías): www.appa.es/12minieolica

APERCA (Ass. de professionals de les Energies Renovables a Cat.): www.aperca.org

EOLICA-CAT (Ass. eòlica de Cat.): www.eoliccat.net

AEE (Asociación Empresarial Eólica): www.aeeolica.es

BWEA (Renewable Energy) - Small Wind: www.bwe.com/small/ i www.renewable-uk.com/events/smallwindconference/index.html

Danish Wins Industry Association: www.windpower.org/en/

AWEA (American Wind Energy Association)- Small wind: www.awea.org/la_smallwind.cfm

EWEA (European Wind Energy Association): www.ewea.org

WWEA (World Wind Energy Association): www.wwindea.org

ALTRES LINKS:

www.wind-works.org

www.scoraigwind.com

<http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?id=5718&c=6&idm=5&pat=>

<http://energiasrenovadas.com/tag/minieolica/>

<http://www.ecohabitar.org/fenercom-publica-una-guia-sobre-tecnologia-minieolica/>

<http://www.ison21.es/2008/09/12/energy-ball-mini-eolica-potencia-diseno/>

http://blogdealbertovazquez.blogspot.com.es/2010/11/la-oportunidad-de-la-energia-mi-nieolica_21.html

FABRICANTS I DISTRIBUIDORS DE MINIAEROGENERADORS

Bergey windpower, Blueterra windmedia, Bornay, Zephyr, Enair, DonQi Iberia, Duogen(Ecletic Energy), AqeroVironment, Endurance windpower, Ampair microwind, Evance wind, Gaia wind, Fortis wind energy, Future Energy, Enfo windtec Iberia, Vertical Wind Energy, Sonkyo Energy, Swift, Turbi Iberica, Winspire, Windside, Tangarie, Marlec, Renewable Power, Urban Green Energy, WindEco, Quiet Revolution, Forgen Wind Turbines, Evoco Energy, Enflo Windtec Iberia, SouthWest wind power, Ropatec, Qindao Anhua, Helix Wind, Proven Energy, entre molts altres.